

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



---

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**Ανάπτυξη Εφαρμογών Δημοπράτησης Θέσεων Στάθμευσης**

ΖΑΧΑΡΟΓΛΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΕΠΑΠΤΣΟΓΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



---

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**Ανάπτυξη Εφαρμογών Δημοπράτησης Θέσεων Στάθμευσης**

ΖΑΧΑΡΟΓΛΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΕΠΑΠΤΣΟΓΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019



## Ευχαριστίες

Κλείνοντας αυτόν τον κύκλο σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιστήμονα και άνθρωπο κ. Κων/νο Κεπαπτσόγλου για την αμέριστη υποστήριξή του σε όλους τους τομείς, όπως επίσης και την οικογένειά μου και την σύντροφό μου για την στήριξη και την υπομονή τους.

Αφήνοντας το Πολυτεχνείο, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου για τις αξίες και τα ιδανικά που πρεσβεύει και να ευχαριστήσω κάθε έναν καθηγητή που βρίσκεται στο πλευρό των φοιτητών και φροντίζει ώστε τα ιδανικά αυτά να μεταλαμπαδεύονται στους νέους επιστήμονες.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω κάθε έναν ερευνητή που βοηθάει με τον τρόπο του στην πρόοδο της επιστήμης, στην ανάπτυξη της γνώσης και στην βελτίωση των ζωής των ανθρώπων.

Ζαχαρόγλου Ιωνάννης

Αθήνα, Ιούλιος 2019



---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναζήτηση στάθμευσης αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα κυκλοφοριακής συμφόρησης στις αστικές περιοχές. Τεχνικές αποσυμφόρησης περιλαμβάνουν μεταξύ των άλλων, προγραμματισμό μετακινήσεων και καλύτερη αξιοποίηση των χώρων στάθμευσης. Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η εναλλακτική διάθεση ιδιωτικών χώρων στάθμευσης μέσω της διαδικασίας της δημοπράτησης. Προτείνονται διάφορα μοντέλα δημοπρασιών για θέσεις στάθμευσης, τα οποία δομούνται και αναλύονται μέσα από μία διαδικασία βήμα προς βήμα. Η προσαρμογή των μοντέλων στα δεδομένα του προβλήματος περιλαμβάνει την κλειστή δημοπρασία, όπου δεν υφίσταται καμία διαρροή πληροφορίας προς τους συμμετέχοντες, δημοπρασίες μερικής διαρροής πληροφορίας και την ανοιχτή δημοπρασία πλήρους πληροφόρησης. Εξετάζεται επίσης ο μηχανισμός αυτοματοποιημένης κατάθεσης προσφορών για λογαριασμό των συμμετεχόντων και επιλύεται το πρόβλημα ανάγκης παρατεταμένης παραμονής στον χώρο στάθμευσης. Σε ανώτερο επίπεδο, προτείνεται ένα μοντέλο συνδυαστικής δημοπρασίας για μελλοντική έρευνα.

**Λέξεις κλειδιά:** Δημοπρασία στάθμευσης, Κράτηση στάθμευσης, Κατάθεση προσφορών θέσεων στάθμευσης

---

## ABSTRACT

In metropolitan areas, cruising for parking affects traffic congestion. Congestion policies impose transportation planning, dynamic pricing and parking slots management. In this context, an alternative parking reservation system is proposed based on auctioning for parking slots on parking lot facilities. Different parking auction models are proposed and step by step analyzed. Adaptation of common auction types to the parking problem includes the combination of pay-per-bid auction with first price sealed-bid auction, with partial information flow auction, and with complete information flow auction (open auction). An automatic bidding mechanism is also discussed and modeled, as well as the need of auctions who permit the extension of stay in the parking lot for multiple time slots. A combinatorial auction model is proposed in the end for further research.

**Key words:** Parking auctions, Parking bidding, Parking reservation



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	7
2.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
2.2 ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΕΣ.....	9
2.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	9
2.2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	10
2.2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	11
2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	13
2.4 ΟΡΟΛΟΓΙΑ.....	15
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ ΘΕΣΕΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ.....	19
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	19
3.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΑΓΑΘΩΝ.....	20
3.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΩΡΑΡΙΟΥ.....	21
3.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΩΡΑΡΙΟΥ.....	22
4. ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΠΡΩΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΟΜΟΓΕΝΗ ΑΓΑΘΑ.....	25
4.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΒΑΣΕΙ ΩΡΑΡΙΟΥ.....	25
4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	29
4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ.....	30
4.4 ΑΝΑΚΗΡΥΞΗ ΝΙΚΗΤΩΝ.....	33
4.5 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ.....	34
4.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	37

4.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	40
5. ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ ΑΝΑΝΕΩΣΗ (ΜΕΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ).....	43
5.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	43
5.1.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	43
5.1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	44
5.2 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΣΕ ΚΑΘΕ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΝΕΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ.....	48
5.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	48
5.2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	49
5.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΝΕΑΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ.....	53
5.2.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ 2 ΠΡΩΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ.....	55
5.2.5 ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	58
5.2.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	61
5.3 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ.....	62
5.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	62
5.3.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	64
5.3.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΝΕΩΝ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	67
5.3.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ.....	70
5.3.5 ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	71
5.3.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	74
6. ΑΝΟΙΧΤΗ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ (ΠΛΗΡΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ).....	77
6.1 Η ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΙΜΗΣ.....	77
6.2 Ο ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ.....	80
6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
7. ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΕΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	83
7.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	83
7.2 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ.....	86
7.3 1 <sup>ο</sup> ΜΕΡΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ: ΓΡΗΓΟΡΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ.....	91
7.4 2 <sup>ο</sup> ΜΕΡΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ: ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΑΥΞΗΣΗ.....	94
7.5 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	96

7.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΦΟΡΕΣ.....	101
7.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	102
8. ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΜΕ ΠΑΡΑΤΑΣΗ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ.....	103
8.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	103
8.2 ΕΠΙΛΥΣΗ.....	105
8.3 ΤΙΜΗ ΠΛΗΡΩΜΗΣ.....	109
8.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	116
9. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	117
10. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	123
10.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	123
10.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ - ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑΣ.....	125
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	141

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. 4.1 Παράδειγμα συμμετοχής σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.....	28
2. 5.1 Βήματα συμμετοχής σε δημοπρασία με μερική πληροφόρηση σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.....	45-47
3. 6.1 Διαδικασία συμμετοχής στην ανοιχτή δημοπρασία σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.....	79
4. 7.1 Διαδικασία συμμετοχής σε δημοπρασία με αυτοματοποιημένη κατάθεση προσφορών μέσω γραφικού περιβάλλοντος χρήστη.....	85-86
5. 8.1 Διαδικασία συμμετοχής σε δημοπρασία με κράτηση μέσω γραφικού περιβάλλοντος χρήστη.....	104-105

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1. 4.1 Μορφή ωραρίου.....	27
2. 4.2 Παράδειγμα ωραρίου.....	27
3. 4.3 Παράδειγμα ταξινόμησης φυμαλίδας.....	32
4. 4.4 Παράδειγμα εφαρμογής κλειστής δημοπρασίας για μία χρονοθυρίδα.....	36
5. 5.1 Αναπαράσταση – σύγκριση μεθόδων αντιμετάθεσης και εισαγωγής.....	55
6. 5.2 Παράδειγμα σύγκρισης μεθόδων ανανέωσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου και περιοδικής ανανέωσης ανά σταθερό χρονικό διάστημα.....	73
7. 6.1 Διαδικασία ανταγωνισμού χρηστών.....	81
8. 7.1 Παράδειγμα δημοπρασίας με αυτοματοποιημένο ποντάρισμα.....	99-100
9. 8.1 Παράδειγμα αποτελεσμάτων 2 διαδοχικών δημοπρασιών.....	114
10. 8.2 Παράδειγμα υπολογισμού των αντίστοιχων πληρωτέων για την επόμενη δημοπρασία.....	115
11. 10.1 Μορφή δεδομένων συνδυαστικής δημοπρασίας.....	127
12. 11.1 Παράδειγμα συνδυαστικής δημοπρασίας για μία ημέρα λειτουργίας.....	152

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

1.	4.1 Διάγραμμα ροής αρχικής και βελτιωμένης μεθόδου κλειστής δημοπρασίας...	39
2.	5.1 Διάγραμμα ροής αναθεώρησης προσφορών με πλήρη σάρωση.....	51
3.	5.2 Διάγραμμα ροής αναθεώρηση με ανίχνευση θέσης.....	52
	5.3 Διάγραμμα ροής μεθόδου αντιμεταθέσεων και μεθόδου εισαγωγής του αλγορίθμου για τις νέες προσφορές.....	54
4.	5.4 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου για τους 2 πρώτους συμμετέχοντες.....	57
5.	5.5 Διάγραμμα ροής ενοποίησης αλγορίθμων.....	60
6.	5.6 Διάγραμμα ροής αναθεωρημένων προσφορών.....	65
7.	5.7 Διάγραμμα ροής νέων προσφορών με αυτούσια χρήση του αντίστοιχου αλγορίθμου της ανανέωσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου.....	68
8.	5.8 Διάγραμμα ροής ενοποίησης αλγορίθμων.....	72
9.	7.1 Διάγραμμα ροής γρήγορου αποκλεισμού.....	93
10.	7.2 Διάγραμμα ροής βηματικής αύξησης.....	95
11.	8.1 Διάγραμμα ροής τελικής μορφής αλγορίθμου μεταφοράς νίκης.....	108
12.	11.1 Λογικό διάγραμμα ροής βημάτων συμμετοχής στην κλειστή δημοπρασία...	141
13.	11.2 Λογικό διάγραμμα ροής βημάτων συμμετοχής σε δημοπρασία με πληροφόρηση απόρριψης / αποδοχής.....	142
14.	11.3 Αλγόριθμος κλασικής ταξινόμησης φουσαλίδας.....	143
15.	11.4 Ο βασικός αλγόριθμος ταξινόμησης προσαρμοσμένος στα δεδομένα της εφαρμογής.....	144
16.	11.5 Αλγόριθμος ανανέωσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου.....	148
17.	11.6 Αλγόριθμος αναθεωρημένων προσφορών για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.....	149
18.	11.7 Αλγόριθμος νέων προσφορών για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα .....	150
19.	11.8 Αλγόριθμος των πρώτων εκτελέσεων για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.....	151

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου στις περιοχές του αστικού ιστού οδηγεί τους ανθρώπους στην καθημερινή αναζήτηση της άνεσης. Σε ό,τι αφορά τις μετακινήσεις, το αυτοκίνητο έχει εδραιωθεί στην συνείδηση του κόσμου ως το κατ' εξοχήν μέσο που προσφέρει άνεση. Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση του αυτοκινήτου έχει λάβει τέτοια μεγάλη έκταση, ώστε κυκλοφοριακή συμφόρηση που προκαλεί στις μητροπόλεις να αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα μετακίνησης, αλλά και γενικά ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που παρουσιάζει η ζωή στις πόλεις. Η αναζήτηση στάθμευσης σε περιοχές πυκνού ιστού, όπως είναι ο αστικός χώρος της Ελλάδας, αφενός καταλαμβάνει ένα σημαντικό χρονικό κομμάτι της μετακίνησης, αφετέρου εντείνει σημαντικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ο Donald Shoup, σε μία πολύ γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη αναφορά του [1] [2], ισχυρίζεται πως το 30% των αυτοκινήτων που κινούνται σε οδούς σε μία μεγάλη πόλη βρίσκονται σε αναζήτηση στάθμευσης. Μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την 7<sup>th</sup> Avenue του Brooklyn [3], κατέδειξε πως το ποσοστό αυτό φτάνει το 45% για την συνολική κίνηση. Ποσοστά τέτοιου μεγέθους αντιστοιχούν σε 10 λεπτά καθυστέρηση για κάθε 1 χιλιόμετρο διαδρομής, ενώ για έναν τυπικό αριθμό μετακίνησης 3.000 αυτοκινήτων προκύπτουν 500 χαμένες ώρες ημερησίως [4]. Εκτός από τις χρονικές και οικονομικές επιπτώσεις, η καθυστέρηση εύρεσης στάθμευσης πολύ συχνά επιδρά στην ψυχολογία των οδηγών, όχι μόνο κατά την αναζήτηση στάθμευσης, αλλά ήδη από την ιδέα και μόνο της μετακίνησης, καθώς γνωρίζουν την δυσκολία που θα τους ακολουθήσει στην εύρεση στάθμευσης. Η ψυχολογική αυτή ένταση γίνεται πολύ συχνά αιτία για επιπόλαια ατυχήματα. Γίνεται αντιληπτό επομένως, πως οι πολιτικές αποσυμφόρησης που απασχολούν τους συγκοινωνιολόγους ανά τον κόσμο, θα πρέπει να λαμβάνουν πολύ σημαντικά υπόψη την ανάγκη στάθμευσης, εφόσον εντείνει το πρόβλημα σε τέτοιο σημαντικό βαθμό.

Η πλειοψηφία των οδηγών αναζητεί ελεύθερες θέσεις στάθμευσης, εκτός αν πρόκειται για περιοχές με πολύ μεγάλο πρόβλημα στάθμευσης, όπου η παρόδια στάθμευση χρεώνεται, περιοχές στις οποίες δραστηριοποιούνται επίσης και πολλές ιδιωτικές επιχειρήσεις στάθμευσης. Η συνήθεια των οδηγών στην ελεύθερη παρόδια στάθμευση, οδηγεί στην πεισματική αναζήτηση για μία ελεύθερη θέση, ακόμα και σε περιπτώσεις όπου θα συνέφερε περισσότερο η στάθμευση επί πληρωμή, όπως καταδεικνύεται από τις παραπάνω αναφορές. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την ανάγκη αφενός για εκπαίδευση του κοινού πάνω στον προγραμματισμό μετακινήσεων, αφετέρου για αύξηση της ζήτησης των ιδιωτικών χώρων στάθμευσης. Ο προγραμματισμός μετακινήσεων αποτελεί μία πολύ σημαντική παράμετρο αποσυμφόρησης. Η γνώση της εκτιμώμενης ώρας άφιξης σε συνδυασμό με την κράτηση θέσης στάθμευσης εκ των προτέρων, εξαλείφει την καθυστέρηση που προκύπτει από την αναζήτηση στάθμευσης. Παράλληλα, η τόνωση της ζήτησης των επιχειρήσεων στάθμευσης, που βλέπουν κατά τις περισσότερες ημέρες της εβδομάδας του χώρους τους να παρουσιάζουν χαμηλή πληρότητα, θα ήταν μία πολύ σημαντική παράμετρος αποσυμφόρησης από έναν υπολογίσιμο αριθμό αυτοκινήτων, που συστηματικά καθυστερούν το υπόλοιπο δίκτυο αναζητώντας στάθμευση.

Η δημοπράτηση θέσεων στάθμευσης από μέρους των επιχειρήσεων, αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο διάθεσης, ο οποίος προαπαιτεί τον προγραμματισμό μετακινήσεων, αυξάνει την ζήτηση λόγω του ψυχολογικού – διαφημιστικού αντίκτυπου που έχει στους οδηγούς η χαμηλή τιμή εκκίνησης και ταυτόχρονα δίνει στις επιχειρήσεις την δυνατότητα να βελτιώσουν τα έσοδά τους, αυξάνοντας την πληρότητά τους και προσαρμόζοντας τις τιμές στην πραγματική ζήτηση.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η προσέγγιση του εναλλακτικού τρόπου διάθεσης της δημοπράτησης, μέσω της ανάπτυξης μοντέλων δημοπρασιών για θέσεις στάθμευσης, προσαρμοσμένα στις ανάγκες τόσο των οδηγών / καταναλωτών, όσο και των επιχειρήσεων.



## 1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η προσέγγιση και η βηματική επίλυση μοντέλων δημοπρασιών με άξονα αφενός την βελτιστοποίηση των εσόδων της επιχείρησης, αφετέρου τη ικανοποίηση των αναγκών στάθμευσης και των επιθυμητών διευκολύνσεων που αναμένει ο πελάτης ως προς τη διαδικασία συμμετοχής.

Η διαδικασία ακολουθεί την δόμηση κάθε μοντέλου βήμα προς βήμα τόσο στην περιγραφή του, όσο και στον τρόπο επίλυσης και αξιολογεί τα αδύναμα σημεία του. Η πρόταση και ανάλυση κάθε επόμενου μοντέλου έρχεται σαν απάντηση στα μειονεκτήματα του προηγούμενου ούτως ώστε κάθε φορά να προκύπτει μία βελτιωμένη προσέγγιση. Κύρια φιλοσοφία στην προσέγγιση είναι σε κάθε βήμα να γίνονται πλήρως κατανοητοί οι λόγοι που οδηγούν στη λήψη κάθε απόφασης.

Απώτερος σκοπός της αναζήτησης των αποδοτικών μοντέλων είναι η εξοικείωση του κοινού με τον προγραμματισμό μετακινήσεων και η καλύτερη αξιοποίηση των ιδιωτικών χώρων στάθμευσης με στόχο την αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου από ένα μέρος των μετακινούμενων που αναζητούν στάθμευση.

## 1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αποτελείται από 10 κεφάλαια συμπεριλαμβανομένου και του παρόντος. Η δομή της αναπτύχθηκε με κριτήριο την λογική συνέχεια των κεφαλαίων, την ευχάριστη ανάγνωση και την πλήρη κατανόηση του περιεχομένου. Εκτός από τα προαπαιτούμενα που αναλύονται στα πρώτα κεφάλαια και τα συμπεράσματα και τις προτάσεις που αναλύονται στο τέλος, η κύρια ανάπτυξη του θέματος γίνεται στα κεφάλαια 3-8. Ο εκτενής διαχωρισμός του θέματος γίνεται με σκοπό την δόμηση των μοντέλων βήμα προς βήμα και την διακριτή κατανόηση της εκάστοτε περίπτωσης. Στο

πλαίσιο αυτό, κάθε προτεινόμενη μέθοδος σε κάθε κεφάλαιο ακολουθείται από την αξιολόγηση και τα συμπεράσματά της, εντός του ίδιου κεφαλαίου. Τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από την εκάστοτε μέθοδο αποτελούν αφορμή για την πρόταση της επόμενης μεθόδου και την δόμηση του αντίστοιχου μοντέλου.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων. Στο πλαίσιο αυτό γίνεται μία σύντομη ανασκόπηση στις κυριότερες μελέτες που αφορούν δημοπράτηση θέσεων στάθμευσης και παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία πάνω στις δημοπρασίες και στη διαδικασία της ταξινόμησης. Επεξηγούνται επίσης οι κυριότερες έννοιες που επαναλαμβάνονται στα επόμενα κεφάλαια.

Στο τρίτο κεφάλαιο ξεκινάει η ανάπτυξη του θέματος, προσεγγίζοντας το πρόβλημα του προσδιορισμού του πλήθους των προς διάθεση αγαθών, το οποίο αντιμετωπίζεται με την διαίρεση του ωραρίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της δημοπράτησης βάσει της διαίρεσης ωραρίου. Στη συνέχεια γίνεται η ανάπτυξη του πρώτου μοντέλου, αυτού της κλειστής δημοπρασίας πρώτης τιμής.

Η ανάγκη ανατροφοδότησης που προκύπτει από την κλειστή δημοπρασία επισημαίνεται στο πέμπτο κεφάλαιο. Αρχικά, προτείνεται η μερική πληροφόρηση των χρηστών για την οποία προτείνονται δύο τρόποι επίλυσης, η επανεκτέλεση του αλγορίθμου σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου και η περιοδική επανεκτέλεση ανά σταθερό χρονικό διάστημα. Ο αλγόριθμος κάθε μεθόδου χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη, ένα για την μεταχείριση των νέων προσφορών και ένα για την μεταχείριση των αναθεωρημένων, καθώς και σε ένα μικρό μέρος που αφορά τις πρώτες εκτελέσεις.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται επέκταση του προηγούμενου μοντέλου με την προσθήκη της γνωστοποίησης της τιμής η οποία μετατρέπει τη δημοπρασία σε ανοιχτή.

Επιλέγεται η κατάλληλη τιμή προς κοινοποίηση και αναλύονται οι επιπτώσεις που αυτή ενδέχεται να επιφέρει στην συμπεριφορά των συμμετεχόντων.

Στο έβδομο κεφάλαιο προτείνεται η χρήση αυτοματοποιημένου μηχανισμού κατάθεσης προσφορών και αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του.

Το τελευταίο κεφάλαιο ανάπτυξης του θέματος είναι το όγδοο, στο οποίο επισημαίνεται η ανάγκη παράτασης της παραμονής στο χώρο στάθμευσης για συνεχόμενες χρονοθυρίδες. Προτείνεται η μεταφορά νίκης από μία δημοπρασία σε μία άλλη και αναλύονται οι πιθανές τιμές πληρωμής.

Τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει στα προηγούμενα κεφάλαια συγκεντρώνονται και παρουσιάζονται συνοπτικά στο ένατο κεφάλαιο.

Τελευταίο κεφάλαιο αποτελεί το δέκατο κεφάλαιο. Αρχικά αναφέρονται κάποιες προτάσεις τροποποίησης των μοντέλων, ώστε να προσαρμόζονται πάνω σε ειδικά χαρακτηριστικά τα οποία ενδεχομένως να χρειαστεί να ληφθούν υπόψη κατά περίπτωση. Στη συνέχεια προτείνεται προς έρευνα ένα νέο μοντέλο συνδυαστικής δημοπρασίας, το οποίο αφορά την ταυτόχρονη δημοπράτηση όλων των διαθέσιμων θέσεων εντός ενός πλήρους ωραρίου λειτουργίας.

Το παράρτημα που ακολουθεί περιλαμβάνει πίνακες και διαγράμματα που δεν συμπεριλήφθηκαν εντός των κεφαλαίων, καθώς και εναλλακτικές παρουσιάσεις των αλγορίθμων, είτε σε ψευδογλώσσα, είτε σε διαγράμματα ροής, ώστε να είναι πλήρως συγκρίσιμες όλες οι μέθοδοι μεταξύ τους, σύμφωνα με τα αντίστοιχα στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί ήδη εντός των κεφαλαίων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σε αντίθεση με το πεδίο των έξυπνων εφαρμογών κράτησης στάθμευσης, για το οποίο υπάρχει μία πληθώρα διαθέσιμων θεωρητικών μοντέλων με μεγάλο εύρος διαφορετικών χαρακτηριστικών, και της δυναμικής χρέωσης για την οποία υφίσταται ένα πλήρες υπόβαθρο, για την περίπτωση τη δημοπράτησης, παρότι θεωρητικά αποτελεί ένα θέμα λιγότερων παραμέτρων, η βιβλιογραφία είναι αρκετά περιορισμένη. Η πλειοψηφία των ερευνητών είτε θεωρούν την διεξαγωγή δημοπρασιών ως έναν εφικτό τρόπο διάθεσης με τον οποίο μπορούν να συνεργαστούν οι εφαρμογές τους, είτε αναζητούν καινοτόμες ιδέες αξιοποίησης της δημόσιας στάθμευσης με πλειοδοτικά μοντέλα διαμοιρασμού, χωρίς ωστόσο να αναζητούν τρόπους υλοποίησης του διαμοιρασμού. Περισσότερη βοήθεια μπορεί να αντληθεί από προβλήματα συναφούς δομής με αυτό της διάθεσης στάθμευσης, όπως ο η διακίνηση του διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης στις αεροπορικές εταιρίες.

Στην ευρεσιτεχνία υπ' αρ. US7181426B2, "Method and Systems for Space Reservation on Parking Lots with Mechanisms for Space Auctioning, Over-Booking, Reservation Period Extensions, and Incentives", ο Duta (2007) παρουσιάζει ένα μοντέλο διαχείρισης χώρων στάθμευσης αεροδρομίων, το οποίο παρέχει στους πελάτες την δυνατότητα κράτησης στον εκάστοτε υποχώρο επιλογής. Η μέθοδος προβλέπει και την διεξαγωγή δημοπρασίας στην περίπτωση μείωσης των διαθέσιμων θέσεων κάτω από κάποιο επιλεγμένο όριο, παρέχοντας μία βασική σχετική μεθοδολογία. Παραλείπεται ωστόσο να οριστεί το ακριβές πλαίσιο υλοποίησης και τα χαρακτηριστικά της δημοπρασίας. Η πρόβλεψη για αποδοχή προσφορών σε συνάρτηση με επιλεγμένους χρόνους εισόδου και εξόδου, χωρίς να προσδιορίζεται κάποιος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος επιλογής νικητών, καθιστά το κομμάτι του μοντέλου που αφορά τις δημοπρασίες ανέφικτο.

Στην αίτηση ευρεσιτεχνίας υπ' αρ. US2016/0253748A1, "Method, System and Product for a Parking Auction", οι Levy και Aizenbud (2016) επιχειρούν την κατοχύρωση πνευματικών δικαιωμάτων μελλοντικής ανάπτυξης ηλεκτρονικών εφαρμογών δημοπράτησης για την ατομική εκμετάλλευση ή συνεργασία μεταβίβασης δημόσιων θέσεων στάθμευσης. Η μέθοδος αναφέρεται στην παρόδια και γενικά στη δημόσια στάθμευση και χτίζει ένα πλαίσιο συνεργασίας, υπό το οποίο ένας ιδιώτης μπορεί να οργανώσει μια δημοπρασία για την παραχώρηση μιας ήδη κατειλημμένης από τον ίδιο θέσης στάθμευσης σε έναν άλλον ιδιώτη. Η διαδικασία προβλέπει την εκκίνηση δημοπρασίας, είτε χειροκίνητα είτε μέσω αυτόματης ανίχνευσης πιθανής αποχώρησης, για λογαριασμό του οδηγού που έχει ήδη σταθμεύσει και προτίθεται να αποχωρήσει, την οργάνωση συλλογής προσφορών από κοντινούς οδηγούς που βρίσκονται σε αναζήτηση θέσης στάθμευσης, την επιλογή νικητή σύμφωνα με συνδυασμένα κριτήρια επιλογής όπως η προσφορά, η απόσταση, η εκτιμώμενη άφιξη, η προσωπική επιλογή του δημοπράτη, την παροχή των κατάλληλων πληροφοριών στους εμπλεκόμενους και την δυνατότητα αξιολόγησης. Το πλαίσιο αφορά τη θεωρητική μεθοδολογία και την ροή της μιας τέτοιας διαδικασίας επιχειρώντας να καλύψει όσο διεξοδικότερα γίνεται το εύρος πιθανών τρόπων δόμησης και λεπτομερειών γύρω από τη βασική ιδέα, με σκοπό την κατοχύρωση δικαιωμάτων, χωρίς να καταπιάνεται ωστόσο με την υλοποίηση της καθαυτής διαδικασίας της δημοπρασίας.

Σε παρόμοιο πλαίσιο κινούνται και οι Noor, Hasan και Arora, που με την έρευνά τους "ParkBid: An Incentive Based Crowdsourced Bidding Service for Parking Reservation" προτείνουν μία υπηρεσία εύρεσης ελεύθερης στάθμευσης με αξιοποίηση των οικονομικών οφελών του πληθοπορισμού. Η μέθοδος συνίσταται στον εντοπισμό ελεύθερης στάθμευσης από μεριάς του χρήστη και στην συγκέντρωση και στον διαμοιρασμό αυτών των πληροφοριών σε ενδιαφερόμενους οδηγούς, έναντι αντιτίμου μέσω της κατάθεσης προσφορών.

Ο Pearl (2011) στην ευρεσιτεχνία υπ' αρ. US7956769B1, "Method and System for Reservation-Based Parking" καταπιάνεται με την ανάπτυξη μεθοδολογίας για την

δημιουργία μίας ηλεκτρονικής εφαρμογής κράτησης στάθμευσης. Η προσέγγιση αναφέρεται στην συγκεντρωτική διάθεση πληροφοριών επιχειρήσεων ενοικίασης χώρου στάθμευσης για την κράτηση θέσεων στάθμευσης μέσω ενός κεντρικού μοντέλου διαχείρισης. Η εφαρμογή δεν παρεμβαίνει στον τρόπο διάθεσης εκ μέρους των επιχειρήσεων, ο οποίος μπορεί να πραγματοποιείται παράλληλα και από της ιδιωτικές τους πλατφόρμες. Η δημοπράτηση θεωρείται ως ένας διαθέσιμος τρόπος διάθεσης ο οποίος όμως οργανώνεται υπ' ευθύνη της εκάστοτε επιχείρησης παρόχου και η εφαρμογή είναι υπεύθυνη μόνο για τον διαμοιρασμό των σχετικών πληροφοριών.

Σημαντική ώθηση στην δόμηση σκέψης δίνουν οι Tedorovic, Triantis, Edara, Zhao και Mladenovic οι οποίοι στη δημοσίευσή τους “Auction-Based Congestion Pricing” δεν ασχολούνται καθόλου με προβλήματα στάθμευσης, αλλά ακολουθούν μία κατατοπιστική διαδικασία για την διεξαγωγή δημοπρασιών διάθεσης χρόνου εισόδου και παραμονής σε ζώνες δακτυλίου με σκοπό την αποσυμφόρηση μετακινήσεων στον αστικό ιστό. Σε παρόμοιο ύφος κινούνται και οι Rassenti, Smith, και Bulfin (1982) οι οποίοι με την πρωτοποριακή τους έρευνα “A Combinatorial Auction Mechanism for Airport Time Slot Allocation” αγγίζουν το θέμα της εναλλακτικής ενοικίασης του διαδρόμου προσγείωσης – απογείωσης στις αεροπορικές εταιρίες και θέτουν ένα μαθηματικό μοντέλο αντιμετώπισης των συνδυαστικών δημοπρασιών.

## 2.2 ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΕΣ

### 2.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η δημοπρασία αντιπροσωπεύει μια διαδικασία πώλησης ή αγοράς αγαθών και υπηρεσιών μέσω της κατάθεσης προσφορών. Οι ενδιαφερόμενοι καταθέτουν προσφορές για τα δημοπρατούμενα αντικείμενα και ορίζεται ως νικητής ο συμμετέχων

με την καλύτερη προσφορά. Ο νικητής ή υπερθεματιστής υποχρεούται να τηρήσει τη συνθήκη με την οποία δεσμεύτηκε κατά την κατάθεση της προσφοράς του για να λάβει την κυριότητα του δημοπρατηθέντος αντικειμένου. Οι πωλήσεις διέπονται από με την αρχή της πλειοδότησης ενώ οι αγορές από την αρχή της μειοδότησης.

### 2.2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η δημοπρασία σαν πρακτική υφίσταται από την αρχαιότητα. Ο Ηρόδοτος στο βιβλίο του «Ηροδότου Ιστορίαι» μας πληροφορεί ότι στην Βαβυλώνα λάμβαναν κάθε χρόνο δημοπρασίες για την επιλογή νύφης. Οι γυναίκες που συγκέντρωναν όλα τα προσόντα για να παντρευτούν στέκονταν μπροστά σε μια ομάδα αντρών που αναζητούσαν σύζυγο. Οι δημοπρασίες ξεκινούσαν με τις γυναίκες που θεωρούνταν πιο όμορφες για να ακολουθήσουν οι λιγότερο όμορφες. Κάθε μια πωλούνταν στον ανάλογο πλειοδότη. Οι πλούσιοι είχαν πάντα προτεραιότητα και διάλεγαν τις ομορφότερες. Η πώληση μιας κόρης εκτός δημοπρασίας θεωρούνταν παράνομη, πράγμα που καταδεικνύει την βαρύτητα που κατείχε η διαδικασία αυτή στην Βαβυλώνια κοινωνία.

Στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία το νικητήριο δόρυ του πολέμου παραχωρούνταν προς δημοπρασία, ενώ οι σκλάβοι που θεωρούνταν λάφυρα πολέμου δημοπρατούνταν στην αγορά, με τα έσοδα να λογίζονται υπέρ του πολέμου. Δημοπρασίες γίνονταν επίσης για την ρευστοποίηση των κατασχουσών περιουσιών οφειλετών του δημοσίου ώστε να αποπληρωθούν οι φορολογικές τους υποχρεώσεις. Στη Ρώμη έλαβε επίσης χώρα μία από τις πιο εμβληματικές δημοπρασίες της ιστορίας. Το 193 η Πραιτωριανή Φρουρά, αφού δολοφόνησε τον αυτοκράτορα Περτίνακα, έθεσε ολόκληρη την αυτοκρατορία προς πώληση. Εκεί εξελίχθηκε μια δημοπρασία μεταξύ του Τίτου Φλάβιου Σουλπικιανού και του Δίδιου Ιουλιανού. Ο δεύτερος αναδείχτηκε νικητής



προσφέροντας 25.000 σεστέρτια για κάθε στρατιώτη και η Γερουσία υπό την στρατιωτική απειλή τον αποδέχτηκε ως Αυτοκράτορα.

Το τέλος της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας σημαίνει και το τέλος της χρήσης των δημοπρασιών οι οποίες εμφανίζονται ξανά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα στην Αγγλία με την μορφή απρόβλεπτων δημοπρασιών που διέπονταν από το κάψιμο ενός κεριού και έληγαν με το απρόσμενο σβήσιμο της φλόγας. Το 18<sup>ο</sup> αιώνα μπαίνουν τα θεμέλια για αυτό που γνωρίζουμε σήμερα ως δημοπρασία, με την ίδρυση οίκων δημοπρασιών για έργα τέχνης, κάποιοι από τους οποίους σήμερα αποτελούν τα μεγαλύτερα brands παγκοσμίως. Με την ανάπτυξη του διαδικτύου οι δημοπρασίες έχουν γίνει πλέον πολύ δημοφιλείς καθώς δεν απευθύνονται πια μόνο σε κοινωνικές ή οικονομικές ελίτ, αλλά δίνεται οι δυνατότητα στον οποιονδήποτε, επαγγελματία ή ιδιώτη, να δημιουργήσει μια δημοπρασία ή να δώσει προφορές από το σαλόνι του σπίτι του. Έργα τέχνης, αυτοκίνητα, ακίνητα, αντικείμενα καινούρια ή μεταχειρισμένα, υπηρεσίες, μέχρι δημόσιες συχνότητες και χρέη αποτελούν σήμερα αντικείμενο δημοπρασιών.

### 2.2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η εξάπλωση του τομέα των δημοπρασιών έχει προκαλέσει και ευρύτερη διαφοροποίηση για την προσαρμογή τους στα εκάστοτε ζητούμενα και συνθήκες. Πλέον υφίστανται πάρα πολλά διαφορετικά είδη δημοπρασιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά με τις κυριότερες διαφοροποιήσεις να αφορούν:

- τον αριθμό αγοραστών – πωλητών (δημοπρασίες προσφοράς, ζήτησης, διπλές)
- τον αριθμό των προσφερόμενων αγαθών
- την δημοσιοποίηση των προσφορών (ανοιχτές, κλειστές)
- την φορά αύξησης ή μείωσης των προσφορών (ευθείες - ανοδικές, αντίστροφες - καθοδικές)

- την τελική τιμή πώλησης (πρώτης καλύτερης τιμής, δεύτερης καλύτερης τιμής, πρώτης μοναδικής τιμής, κ.α.)
- την διάρκεια
- το βήμα των προσφορών
- τον ορισμό τιμής ανοίγματος
- την προσφορά τιμής άμεσης αγοράς
- τον ορισμό κατώτατης αποδεκτής τιμής
- την οικονομική επιβάρυνση για την κατάθεση προσφοράς

Οι πιο συνηθισμένες μορφές είναι αυτές που αφορούν ένα μόνο αγαθό (ευθείες). Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει πολλαπλός αριθμός συμμετεχόντων που ανταγωνίζονται για την αγορά του. Στις αντίστροφες αντίθετα, πολλοί πωλητές ανταγωνίζονται για την πώληση σε έναν αγοραστή.

Η ανοιχτή ανοδική δημοπρασία (Αγγλική) είναι μία ακολουθητική δημοπρασία στην οποία οι συμμετέχοντες προσπαθούν να ξεπεράσουν την τρέχουσα προσφορά. Κάθε νέα προσφορά πρέπει να αυξάνει την προηγούμενη κατά ένα προκαθορισμένο βήμα αύξησης. Οι παίχτες αποσύρονται από τη δημοπρασία όταν η τιμή φτάσει ένα όριο πέρα από το οποίο δεν θέλουν να πληρώσουν και ο τελευταίος που μένει στην δημοπρασία κερδίζει.

Η ανοιχτή καθοδική δημοπρασία (Ολλανδική) από την άλλη, ξεκινάει με την αρχική προσφορά πολύ υψηλότερα από ότι οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος θα πλήρωνε. Η τιμή μειώνεται λίγο λίγο μέχρι κάποιος να εκφράσει το ενδιαφέρον του, οπότε και η δημοπρασία τελειώνει. Η μέθοδος αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη για την πώληση λουλουδιών στην Ολλανδία.

Η κλειστή δημοπρασία πρώτης τιμής είναι μία δημοπρασία στην οποία οι συμμετέχοντες καταθέτουν ταυτόχρονα κλειστές προσφορές και στη συνέχεια ανακηρύσσεται νικητής ο συμμετέχων με την μεγαλύτερη προσφορά.

Η κλειστή δημοπρασία δεύτερης τιμής (Vickrey) λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με την κλειστή πρώτης τιμής, με την διαφορά ότι ο νικητής αντί για την δικιά του προσφορά, πληρώνει την δεύτερη υψηλότερη προσφορά.

Η συνδυαστική δημοπρασία τέλος, αφορά την πώληση πολλών αλλά συσχετισμένων αγαθών. Κάθε συμμετέχων καταθέτει προσφορές για οποιονδήποτε συνδυασμό αγαθών και μπορεί να κερδίσει τα αγαθά που έχει επιλέξει μόνο όλα μαζί. Στις περιπτώσεις αυτές δεν επιλέγεται απαραίτητα ο συμμετέχων με την μεγαλύτερη προσφορά, αλλά η καλύτερη συλλογή συνδυασμένων αγαθών και προσφορών.

## 2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Ταξινόμηση είναι η διαδικασία της μετάθεσης των στοιχείων μιας ακολουθίας ώστε να έχουν μια συγκεκριμένη σειρά. Πιο συγκεκριμένα:

Δοθέντων μίας συνάρτησης διάταξης  $f$  και ενός συνόλου στοιχείων

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

ο αλγόριθμος ταξινόμησης συνίσταται στη μετάθεση των στοιχείων ώστε να τοποθετηθούν σε μια σειρά

$$x_1', x_2', \dots, x_n'$$

η οποία να ικανοποιεί

$$f(x_1') \leq f(x_2') \leq \dots \leq f(x_n')$$

(Φιλίππου Α. 2006)

Η σειρά ταξινόμησης (αύξουσα ή φθίνουσα) καθορίζεται από την συνάρτηση  $f$

Το πρόβλημα της ταξινόμησης έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας από την αρχή της ιστορίας της πληροφορικής. Πολλοί και διαφορετικοί αλγόριθμοι έχουν προταθεί και παρόλο που το πρόβλημα θεωρείται λυμένο από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, εξακολουθεί ακόμα και σήμερα να αποτελεί σημείο έρευνας με νέους χρήσιμους αλγόριθμους να προτείνονται.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ενός αλγορίθμου ταξινόμησης είναι:

- η χρησιμοποιούμενη μέθοδος
- ο χρόνος εκτέλεσης
- η απαιτούμενη μνήμη
- η ευστάθεια

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι πάνω στις οποίες χτίζεται ένας αλγόριθμος ταξινόμησης. Η διαφοροποίηση της μιας μεθόδου από μία άλλη υφίσταται στον λογικό τρόπο με τον οποίο μεταχειρίζεται τις εισόδους. Στους συγκριτικούς αλγορίθμους, δηλαδή αυτούς που βασίζονται στις συγκρίσεις επιμέρους δυάδων στοιχείων και οι οποίοι είναι και οι πιο διαδεδομένοι, οι μέθοδοι διακρίνονται από τον τρόπο ομαδοποίησης των επιμέρους συγκρίσεων βάσει των οποίων μπορεί να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Οι κυριότερες μέθοδοι είναι:

- η ανταλλαγή
- η εισαγωγή
- η συγχώνευση
- η επιλογή
- η διαμέριση

Ο χρόνος εκτέλεσης αναφέρεται στον αριθμό των στοιχειωδών λειτουργιών που απαιτούνται για την εκτέλεση ενός αλγορίθμου, θεωρώντας πως μια στοιχειώδης

λειτουργία απαιτεί σταθερό χρόνο για την εκτέλεσή της. Στην περίπτωση των συγκριτικών αλγορίθμων ο χρόνος μετριέται σε συγκρίσεις με τον αριθμό αυτό να κυμαίνεται ανάλογα την μέθοδο και την κατανομή των στοιχείων από  $n$  έως  $n^2$  (ορίζοντας ως  $n$  τον αριθμό των στοιχείων).

Η μνήμη αναφέρεται στις προσωρινές μεταβλητές που θα χρειαστεί να δημιουργήσει ο αλγόριθμος για μπορέσει να μεταθέσει στοιχεία με το εύρος αυτό να κυμαίνεται από 1 έως  $n$  θέσεις μνήμης.

Η ευστάθεια είναι ένα κριτήριο το οποίο αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ταξινομούνται ισότιμα στοιχεία. Ένας ευσταθής αλγόριθμος διατηρεί την σειρά της αρχικής ακολουθίας στα στοιχεία με ίσες τιμές. Η σειρά τοποθέτησης των ισότιμων στοιχείων έχει σημασία σε περιπτώσεις όπως η εφαρμογή που εξετάζουμε, όπου τα προς ταξινόμηση στοιχεία συνοδεύονται από επιπλέον πληροφορία η οποία δεν χρησιμοποιείται στην ταξινόμηση και επομένως προκύπτει διαφοροποίηση των στοιχείων αυτών. Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχει τρόπος διαχωρισμού των ισότιμων στοιχείων μετά την ταξινόμηση επομένως δεν τίθεται θέμα σειράς.

## 2.4 ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Χωρητικότητα: Το σύνολο το θέσεων στάθμευσης που περιλαμβάνει ένας χώρος στάθμευσης

Οίκος: Ο οίκος δημοπρασιών, ο φορέας διεξαγωγής τη δημοπρασίας - δημοπράτης, δηλαδή η επιχείρηση στάθμευσης.

Πλειοδότης: Ο νικητής μίας πλειοδοτικής δημοπρασίας, Ο συμμετέχων που κατέθεσε την μεγαλύτερη προσφορά.

Ομάδα υπερθεματισμού: Η ομάδα νικητών της δημοπρασίας, όλοι οι συμμετέχοντες που κέρδισαν μία θέση στάθμευσης μετά τη λήξη της δημοπρασίας.

Χρονοθυρίδα: Το ελάχιστο χρονικό διάστημα ενοικίασης θέσεων για το οποίο πραγματοποιείται μία δημοπρασία.

Άνοιγμα προσφορών: Η στιγμή έναρξης της δημοπρασίας κατά την οποία καθίσταται επιτρεπτή η κατάθεση προσφορών.

Βήμα αύξησης: Το προκαθορισμένο πολλαπλάσιο νομισματικής μονάδας που θέτει ο δημοπράτης, βάσει του οποίου αυξάνονται οι προσφορές.

Τιμή κατώφλι: Η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για πλειοδοσία, δηλαδή η χαμηλότερη προσφορά που πρέπει να κατατεθεί για να εισέλθει κάποιος στην ομάδα υπερθεματισμού μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Κατώτερη τρέχουσα πλειοδοτική τιμή: Η τιμή της μικρότερης προσφοράς των συμμετεχόντων που βρίσκονται εντός της ομάδας υπερθεματισμού σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.

Αναθεώρηση: Η τροποποίηση μίας προσφοράς, δηλαδή η εκ νέου συμμετοχή στη δημοπρασία με καινούρια προσφορά.

Αυτόματο ποντάρισμα: Η αυτοματοποιημένη διαδικασία κατάθεσης προσφορών εκ μέρους του συστήματος για λογαριασμό του χρήστη μέχρι μία μέγιστη τιμή προσφοράς.

Bid shading: Η στρατηγική κατάθεσης χαμηλότερης προσφοράς από την εκτιμώμενη αξία του αγαθού στις δημοπρασίες.

Αλγόριθμος: Μια πεπερασμένη σειρά ενεργειών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο, που στοχεύουν στην επίλυση ενός προβλήματος.

Καθοριστική εκτέλεση: Η τελευταία εκτέλεση του αλγορίθμου επιλογής νικητών βάσει της οποίας προκύπτουν οι τελικοί νικητές.

Χρόνος ανανέωσης: Το σταθερό χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών εκτελέσεων του αλγορίθμου επιλογής νικητών.

Ζώνη διεκδίκησης: Η ομάδα συμμετεχόντων στη δημοπρασία που δεν έχουν τεθεί ακόμα εκτός διεκδίκησης της νίκης κατά την διαδικασία της επίλυσης του αυτόματου πονταρίσματος.

Γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI): Γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας, το σύνολο εικονικών στοιχείων που εμφανίζονται σε μία οθόνη ψηφιακής συσκευής για να διευκολύνουν και να επιταχύνουν την διασύνδεση μεταξύ χρήστη και συσκευής.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ ΘΕΣΕΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ξεκινώντας την προσέγγιση του προβλήματος της δημοπράτησης θέσεων στάθμευσης, αρχικά εξετάζουμε όλα τα στοιχεία που γνωρίζουμε για την επιθυμητή οικονομική συναλλαγή, που θα μας οδηγήσουν στην επιλογή του κατάλληλου τύπου δημοπρασίας.

Αντικείμενο της επιθυμητής δημοπρασίας είναι η αντικατάσταση του συμβατικού τρόπου λειτουργίας και διαχείρισης ενός χώρου στάθμευσης. Μία τέτοια επιχείρηση λειτουργεί ενοικιάζοντας στους καταναλωτές την παραμονή οχημάτων στον χώρο της έναντι κάποιου αντίτιμου. Επομένως έχουμε να κάνουμε με μία δημοπρασία προσφοράς όπου η επιχείρηση θα προσφέρει τα αγαθά της και οι καταναλωτές θα επιλέγουν το αντίτιμο που επιθυμούν να πληρώσουν.

Τα βασικά στοιχεία που θα την διέπουν είναι:

- τα εμπλεκόμενα πρόσωπα της επιθυμητής οικονομικής συναλλαγής τα οποία είναι:
  - η επιχείρηση στάθμευσης, δηλαδή επιχείρηση που διαχειρίζεται τον χώρο στάθμευσης, η οποία εκτελεί τον ρόλο του δημοπράτη
  - οι οδηγοί που επιθυμούν να σταθμεύσουν το όχημά τους στον χώρο και θα διαγωνιστούν στην δημοπρασία

- το αγαθό – υπηρεσία που αποτελεί το αντικείμενο της οικονομικής συναλλαγής:
  - η συλλογή όλων των θέσεων, δηλαδή των ενοικιαζόμενων τμημάτων του χώρου που μπορούν να εξυπηρετήσουν την στάθμευση ενός οχήματος, για τον χρόνο λειτουργίας του χώρου στάθμευσης.

Στην δημοπρασία αυτή επομένως θα έχουμε σίγουρα:

- έναν δημοπράτη
- πολλούς συμμετέχοντες

Όσον αφορά όμως τα αντικείμενα της δημοπράτησης ο αριθμός τους δεν είναι τελείως ξεκάθαρος.

### 3.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΑΓΑΘΩΝ

Μία επιχείρηση που έχει στόχο το κέρδος, επιθυμεί να είναι πλήρης καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της. Μία επιχείρηση στάθμευσης που διαθέτει την υπηρεσία της συμβατικά με την αποδοχή σταθερών οικονομικών τιμημάτων για την ενοικίαση των θέσεών της, για να είναι πλήρης θα αναμένει ιδανικά πως οποιαδήποτε χρονική στιγμή αποχωρεί ένας πελάτης θα πρέπει κάποιος νέος να λαμβάνει την θέση του. Αυτό είναι ένα σενάριο ουτοπικό που στην πραγματικότητα δεν είναι εφικτό. Ακόμα και στην περίπτωση πολύ μεγάλης ζήτησης και μικρού αριθμού θέσεων αφενός είναι πολύ δύσκολο η ζήτηση να παραμένει μεγαλύτερη της προσφοράς καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας, αφετέρου είναι σχεδόν απίθανο να υπάρχει αναμονή που θα καλύπτει κατευθείαν όποιον πελάτη αποχωρεί.

Η επιδίωξη αυτή της επιχείρησης δημιουργεί το πρόβλημα της ουσιαστικής αοριστίας του αριθμού των αγαθών που παρέχει καθώς δεν μπορεί να γνωρίζει πόσους πελάτες θα χρειαστεί να εξυπηρετήσει για να είναι πλήρης συνεχώς. Ο αριθμός των θέσεων που διαθέτει φαινομενικά είναι σταθερός. Μία επιχείρηση που διαθέτει 30 θέσεις στάθμευσης θα μπορεί να διαθέσει πάντα μέχρι 30 θέσεις. Στο σύνολο της ημέρας όμως μπορεί να δεχτεί πολύ περισσότερους πελάτες. Αν μέσα στο ωράριο λειτουργίας της εξυπηρέτησε 200 πελάτες, τότε στην πραγματικότητα διέθεσε 200 αγαθά, δηλαδή 200 θέσεις. Γίνεται επομένως κατανοητό πως δεν υπάρχει βέλτιστος αριθμός πελατών για την ουτοπική κατάσταση της πληρότητας καθ' όλη τη διάρκεια μίας ημερήσιας λειτουργίας. Η πληρότητα μπορεί να επιτευχθεί με άπειρες χρονικές κατανομές διαφορετικών αριθμών πελατών. Στην ενοικίαση λοιπόν δεν έχει σημασία μόνο ο αριθμός των διαθέσιμων αγαθών, αλλά η διάρκειά και η στιγμή της έναρξής της. Είναι δηλαδή μια πράξη πλήρως συνδεδεμένη με την έννοια του χρόνου.

### 3.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΩΡΑΡΙΟΥ

Εξετάζοντας το πρόβλημα του προσδιορισμού του πραγματικού αριθμού των διαθέσιμων αγαθών καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχει αριθμός που να περιγράφει τις πραγματικά διαθέσιμες θέσεις, αλλά αριθμός που αποτελεί συνάρτηση του χρόνου.

Το πρόβλημα σ' αυτήν την περίπτωση είναι πώς θα καταφέρουμε να δημοπρατήσουμε μία συλλογή αγαθών των οποίων δεν γνωρίζουμε τον αριθμό. Τα μόνα στοιχεία για τα οποία είμαστε σίγουροι ποσοτικά είναι η χωρητικότητα, δηλαδή οι θέσεις στάθμευσης που περιέχονται στον χώρο και διατίθενται προς ενοικίαση και το ωράριο λειτουργίας, δηλαδή ο συνολικά διαθέσιμος χρόνος ενοικίασης. Συνδυάζοντας αυτές τις δύο παραμέτρους καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για να προκύψει ένας

σταθερός αριθμός αγαθών μέσα στο συνολικό χρόνο του ωραρίου λειτουργίας, θα πρέπει ο χρόνος να χωριστεί σε διαστήματα.

Εφόσον ο αριθμός θέσεων εξυπηρέτησης είναι σταθερός, δηλαδή κάθε στιγμή μπορεί να εξυπηρετηθεί ο ίδιος αριθμός πελατών, αλλά οι στιγμές αυτές άπειρες, ομαδοποιώντας τις στιγμές σε χρονικά διαστήματα, προκύπτει ένας αριθμός διαθέσιμων αγαθών που είναι το γινόμενο της χωρητικότητας και των χρονικών διαστημάτων. Εύκολα γίνεται αντιληπτό πως για να λόγους πρακτικότητας και για να προκύπτει ο ίδιος αριθμός διάθεσης θέσεων αναλογικά με τον χρόνο, θα πρέπει όλα τα χρονικά διαστήματα να είναι ίσα, δηλαδή το ωράριο να χωρίζεται με ένα συγκεκριμένο χρονικό βήμα.

### 3.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΩΡΑΡΙΟΥ

Στην περίπτωση της χρήσης χρονικών διαστημάτων οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει αναπόφευκτα να συμβιβαστούν με τις στιγμές έναρξης που ορίζει ο δημοπράτης. Σε ένα ωράριο χωρισμένο σε  $N$  διαστήματα, ο χρήστης θα πρέπει να περιοριστεί σε  $N$  στιγμές όπου θα μπορεί να ξεκινήσει την ενοικίασή του. Αυτή είναι μία διαφορά που προκύπτει με τον συμβατικό τρόπο ενοικίασης ο οποίος επιτρέπει την άμεση έναρξη την στιγμή που καταφθάνει στον χώρο ο χρήστης. Ωστόσο αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό αναπόφευκτο σε μία διαδικασία όπως η αγορά χρόνου στάθμευσης εκ των προτέρων η οποία απαιτεί προγραμματισμό. Η συμμετοχή στη δημοπρασία προϋποθέτει ότι ο ενδιαφερόμενος έχει προγραμματίσει τις εργασίες του και γνωρίζει το χρόνο που θα χρειαστεί να εισέλθει στον χώρο στάθμευσης. Εφόσον μάλιστα ο προγραμματισμός απαιτείται εξ' ορισμού, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σ' αυτόν και η δυνατότητα στάθμευσης, δηλαδή οι διαθέσιμοι χρόνοι.

Το πρόβλημα του περιορισμού των στιγμών έναρξης της ενοικίασης αντιμετωπίζεται με την ενοικίαση θέσης νωρίτερα από την εκτιμώμενη στιγμή άφιξης. Ο χρόνος έναρξης ενοικίασης είναι η χρονική στιγμή από την οποία ξεκινάει η μίσθωση. Αυτή η στιγμή δεν είναι απαραίτητο να συμπίπτει με την στιγμή άφιξης. Ο πελάτης έχει το δικαίωμα να ξεκινήσει την στάθμευση οποιαδήποτε στιγμή εντός του χρονικού διαστήματος για το οποίο έχει πληρώσει. Στην περίπτωση π.χ. μίας επιχείρησης που ενοικιάζει τις θέσεις της ανά 1 ώρα, ένας πελάτης που υπολογίζει να χρειαστεί να ξεκινήσει την ενοικίαση του στις 15.20 θα πρέπει να αγοράσει θέση για το διάστημα 15.00-16.00

Όσον αφορά την στιγμή λήξης της ενοικίασης κατά την οποία ο χρήστης θα πρέπει να παραχωρήσει την θέση, η χρήση των χρονικών διαστημάτων δεν αλλάζει κάτι σε σχέση με την συμβατική διάθεση. Στην συμβατική λειτουργία, ένας οδηγός που αγοράζει 3 ώρες στάθμευσης σε μία επιχείρηση που ενοικιάζει τις θέσεις της ανά μία ώρα θα πρέπει να αποχωρήσει σε 3 ώρες από την έναρξη μίσθωσης ή οποιαδήποτε στιγμή νωρίτερα από αυτή. Το ίδιο ισχύει και για έναν χρήστη που αγοράζει 3 ώρες μέσω δημοπρασίας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΚΛΕΙΣΤΗ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΠΡΩΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΟΜΟΓΕΝΗ ΑΓΑΘΑ

### 4.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΒΑΣΕΙ ΩΡΑΡΙΟΥ

Έχοντας πλέον ορίσει τον τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος του πλήθους των προς διάθεση αγαθών, μπορούμε να προχωρήσουμε στην αναζήτηση του κατάλληλου μοντέλου διάθεσης. Εξετάζοντας λοιπόν το πρόβλημα της δημοπράτησης θέσεων στάθμευσης, απαιτείται σε πρώτη φάση η κατανόηση και αξιοποίηση μιας απλής μορφής δημοπρασίας.

Μία εφικτή προσέγγιση είναι αυτή κατά την οποία πολλοί ενδιαφερόμενοι συναγωνίζονται για την απόκτηση ενός αγαθού, δηλαδή θέσης στάθμευσης, για ένα μόνο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτό σημαίνει πως για ένα ωράριο με  $N$  χρονικά διαστήματα ενοικίασης, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν  $N$  διαφορετικές δημοπρασίες διάθεσης.

Τα στοιχεία που συναντάμε σ' αυτήν τη δημοπρασία είναι:

- Η επιχείρηση στάθμευσης
- Οι συμμετέχοντες
- Οι διαθέσιμες θέσεις
- Ο χρόνος ισχύς της ενοικίασης
- Η προσφορά κάθε συμμετέχοντα
- Οι όροι που επιθυμεί να θέσει η επιχείρηση για τις προσφορές

Ορίζουμε επομένως ως:

$P$  οι συνολικές θέσεις στάθμευσης (χωρητικότητα)

$B$  ο αριθμός των συμμετεχόντων στην δημοπρασία

$b_i$  ο εκάστοτε συμμετέχων

$m_i$  η προσφορά του συμμετέχοντα  $b_i$

$m^{\min}$  η ελάχιστη αποδεκτή προσφορά που θέτει ο δημοπράτης

$dm$  το ελάχιστο βήμα αύξησης προσφορών

$t_n$  το χρονικό διάστημα ενοικίασης των θέσεων

$T$  ο αριθμός όλων των χρονοθυρίδων του ωραρίου λειτουργίας

Το πραγματικό αντικείμενο προς δημοπράτηση στην περίπτωση αυτή είναι:

- $P$  χώροι στάθμευσης οχημάτων για τον χρόνο που ορίζεται από το διάστημα  $t_n$

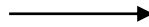
Ορίζουμε το ωράριο λειτουργίας για μία ημέρα ξεκινώντας με  $t_1$  για το πρώτο χρονικό διάστημα στο οποίο μπορεί να ενοικιασθεί μία θέση και καταλήγοντας σε  $t_T$  που είναι το τελευταίο. Σε ένα πραγματικό σενάριο ένα ωράριο θα μπορούσε να ξεκινάει από τις 6.00 και να τελειώνει τα μεσάνυχτα και η χρέωση των θέσεων να γίνεται ανά μία ώρα.

Η δημοπράτηση πρέπει να πραγματοποιείται για κάθε χρονικό διάστημα ξεχωριστά. Η ημέρα ξεκινάει δημοπρατώντας τις θέσεις για το διάστημα  $t_1$  προτού αυτό ξεκινήσει. Οι θέσεις για το  $t_2$  δημοπρατούνται προτού λήξει το  $t_1$ , για το  $t_3$  προτού λήξει το  $t_2$  κ.ο.κ.



**Πίνακας 4.2** Παράδειγμα ωραρίου.**Πίνακας 4.1** Μορφή ωραρίου.

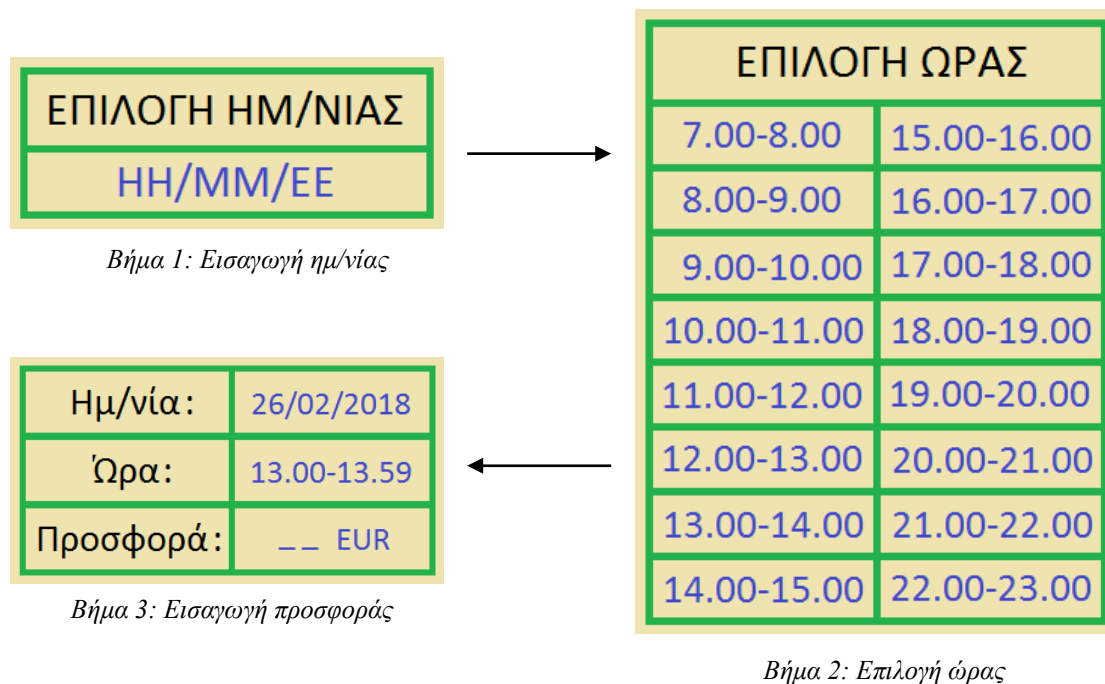
ΩΡΑΡΙΟ
$t_1$
$t_2$
$\vdots$
$t_N$



ΩΡΑΡΙΟ
6.00 - 6.59
7.00 - 7.59
8.00 - 8.59
9.00 - 9.59
10.00 - 10.59
11.00 - 11.59
12.00 - 12.59
13.00 - 13.59
14.00 - 14.49
15.00 - 15.59
16.00 - 16.59
17.00 - 17.59
18.00 - 18.59
19.00 - 19.59
20.00 - 20.59
21.00 - 21.59
22.00 - 22.59
23.00 - 23.59

Η διαδικασία συμμετοχής στη δημοπρασία είναι ανοιχτή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, όπως π.χ. για ένα 24ωρο. Όλοι οι ενδιαφερόμενοι έχουν το δικαίωμα να διεκδικήσουν από μία θέση στάθμευσης σε κάθε διαθέσιμο χρονικό διάστημα του ωραρίου λειτουργίας. Η συμμετοχή γίνεται με την εισαγωγή προσφοράς για την κατάλληλη χρονοθυρίδα που αντιστοιχεί στην δημοπρασία για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος, μέσω κάποιας εφαρμογής γραφικού περιβάλλοντος (π.χ. ηλεκτρονική εφαρμογή κινητού τηλεφώνου).

Εικόνα 4.1 Παράδειγμα συμμετοχής σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.



Οι συμμετέχοντες δεν μπορούν να λαμβάνουν γνώση για τις προσφορές άλλων συμμετεχόντων, επομένως πρόκειται για μια κλειστή δημοπρασία. Η μόνη πληροφορία που λαμβάνουν είναι η νίκη τους ή η απόρριψη στο τέλος της δημοπρασίας. Έχουν το δικαίωμα εισαγωγής μίας προσφοράς την οποία μπορούν να αυξήσουν, μειώσουν ή ακυρώσουν μέχρι το τέλος της δημοπρασίας. Εφόσον η επιλογή των νικητών γίνεται την στιγμή εκτέλεσης του αλγορίθμου, σημασία έχουν μόνο οι προσφορές που είναι καταχωρημένες εκείνη την στιγμή και η δημοπρασία θεωρείται ενός γύρου. Σε μία κλειστή δημοπρασία πρώτης τιμής, οι συμμετέχοντες καταθέτουν ταυτόχρονα κλειστές προτάσεις για το ποσό που διατίθενται να πληρώσουν για το αγαθό. Νικητής είναι αυτός που καταθέτει την υψηλότερη προσφορά και πληρώνει το αντίστοιχο αντίτιμο.

Τη στιγμή  $t_0$  της έναρξης λειτουργίας της υπηρεσίας τα πονταρίσματα για το διάστημα  $t_1$  κλείνουν και επιλέγονται οι νικητές, δηλαδή οι πλειοδότες οι οποίοι έχουν

το δικαίωμα να σταθμεύσουν το όχημά τους κατά το χρονικό διάστημα  $t_l$ . Το ερώτημα είναι με ποιον τρόπο θα πραγματοποιηθεί η επιλογή των νικητών.

## 4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το πρόβλημα της επιλογής νικητών μπορεί να εκφραστεί ως:

- Βρες την βέλτιστη συλλογή συμμετεχόντων που πρέπει να αποδεχτεί ο δημοπράτης ώστε μεγιστοποιεί το κέρδος του.

Για να το εκφράσουμε και μαθηματικά, ορίζουμε τη μεταβλητή  $c_i = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$  η οποία λαμβάνει την τιμή 0 όταν το ποντάρισμα  $m_i$  απορρίπτεται και την τιμή 1 όταν το ποντάρισμα γίνεται αποδεκτό.

Το πρόβλημά ορίζεται μαθηματικά από τις συνθήκες :

$$\begin{aligned} &\text{Maximize} && \sum_{i=1}^B m_i c_i \\ &\text{Subject to:} && \sum_{i=1}^B c_i \leq P \end{aligned}$$

Ζητείται δηλαδή ο διαμοιρασμός το πολύ  $P$  θέσεων στους  $B$  συμμετέχοντες ώστε να μεγιστοποιείται το κέρδος του οίκου.

Λογικά το πρόβλημα μετατρέπεται πλέον ως:

- Βρες τους  $P$  συμμετέχοντες με τις μεγαλύτερες προσφορές.

Στην περίπτωση όπου  $D \leq P$  γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι όλα τα πονταρίσματα θα γίνουν αποδεκτά και όλοι οι συμμετέχοντες θα κερδίσουν μία θέση.

Στην περίπτωση όπου  $D > P$  το πρόβλημα επιλύεται εύκολα με μια φθίνουσα ταξινόμηση στον πίνακα των πονταρισμάτων. Νικητές ορίζονται οι συμμετέχοντες που αντιστοιχούν στις πρώτες  $P$  θέσεις του πίνακα των πονταρισμάτων. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση χρηστών με ίσα πονταρίσματα, τοποθετείται υψηλότερα το ποντάρισμα που καταχωρήθηκε προγενέστερα στο σύστημα, δηλαδή ο χρήστης με το μικρότερο  $b_i$

### 4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αλγορίθμων ταξινόμησης εξετάστηκαν στο κεφάλαιο της θεωρίας. Βάσει αυτών θα πρέπει να αναζητήσουμε έναν αλγόριθμο που να προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις απαιτήσεις μας.

Στην περίπτωση που εξετάζουμε γνωρίζουμε πως ο αριθμός των συμμετεχόντων είναι συγκεκριμένος κάθε φορά και πως είναι σχετικά μικρός για τα δεδομένα μιας υπολογιστικής εφαρμογής. Υπολογίζουμε πως μία εύλογη συμμετοχή στη δημοπρασία μπορεί να κυμαίνεται από λίγους συμμετέχοντες μέχρι έναν αριθμό της τάξης του  $10^3$  σε ακραίες περιπτώσεις. Επομένως ο χρόνος εκτέλεσης στις δυσμενείς περιπτώσεις του  $n^2$  θα μπορεί να φτάνει μια τάξη των  $10^6$  συγκρίσεων, αριθμό μικρό για τα δεδομένα της σύγχρονης υπολογιστικής ισχύς που κυμαίνονται σε  $10^9$ - $10^{11}$  εντολές το δευτερόλεπτο. Επομένως η ταχύτητα τελικά δεν αποτελεί τόσο σημαντικό παράγοντα στην επιλογή μας ώστε να χρειαστεί να μελετήσουμε διεξοδικά τις διαθέσιμες

περιπτώσεις και τη συμπεριφορά του εκάστοτε αλγορίθμου. Θα επιλέξουμε έναν εύχρηστο και κατανοητό αλγόριθμο για τον σκοπό της υλοποίησης της εφαρμογής.

Εφόσον επιθυμούμε να ταξινομηθούν 2 ακολουθίες στοιχείων, αυτή των συμμετεχόντων χρησιμοποιώντας ως κλειδί αυτή των προσφορών, είναι βολικότερο τόσο για την υλοποίηση αλλά όσο και για την κατανόηση της διαδικασίας να χρησιμοποιήσουμε εξαρχής έναν ευσταθή αλγόριθμο που θα μεταχειριστεί κατευθείαν τα ισότιμα στοιχεία με τον τρόπο που επιθυμούμε παρά να αναγκαστούμε να αναζητήσουμε κάποια επιπλέον συνθήκη εντός του αλγορίθμου που θα εξασφαλίσει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Οι κυριότεροι ευσταθείς αλγόριθμοι είναι:

- η ταξινόμηση με συγχώνευση
- η ταξινόμηση με εισαγωγή
- η ταξινόμηση φυσαλίδα

Από αυτές τις μεθόδους οι 2 τελευταίες χρησιμοποιούν μόνο μια θέση μνήμης. Η ταξινόμηση φυσαλίδα αποτελεί την πιο απλή και κατανοητή μορφή αλγορίθμου τόσο στην λογική όσο και στην υλοποίηση και θα συνεχίσουμε χρησιμοποιώντας ενδεικτικά αυτή τη μέθοδο για την επίλυση του προβλήματός μας.

Η ταξινόμηση φυσαλίδα χρησιμοποιεί τη μέθοδο της ανταλλαγής ή αντιμετάθεσης. Το επιθυμητό αποτέλεσμα προκύπτει μέσω επαναληπτικών συγκρίσεων και εναλλαγής θέσης διαδοχικών ζευγών στοιχείων μέχρι όλα τα στοιχεία να βρεθούν στην σωστή θέση. Συγκεκριμένα ο αλγόριθμος ξεκινάει συγκρίνοντας το τελευταίο στοιχείο του πίνακα με το προηγούμενό του. Αν είναι μικρότερο αντιμεταθέτει τα δυο αυτά στοιχεία και συνεχίζει συγκρίνοντας το προτελευταίο με το προηγούμενο επαναλαμβάνοντας την διαδικασία μέχρι να φτάσει στην σύγκριση των 2 πρώτων στοιχείων. Με το πέρας της πρώτης προσπέλασης εξασφαλίζεται ότι το μικρότερο στοιχείο έχει βρεθεί στην πρώτη θέση. Η προσπέλαση των στοιχείων επαναλαμβάνεται βρίσκοντας κάθε φορά το

αμέσως μεγαλύτερο στοιχείο και τελειώνει όταν εξασφαλιστεί ότι όλα τα στοιχεία έχουν τοποθετηθεί στη σωστή σειρά.

Η ονομασία του αλγορίθμου προκύπτει από το ανάλογο της φυσαλίδας. Αν φανταστούμε ότι ο πίνακας είναι σε κατακόρυφη θέση και τα στοιχεία θεωρηθούν ως φυσαλίδες με βάρη σύμφωνα με την τιμή τους, τότε κάθε προσπέλαση στον πίνακα έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της φυσαλίδας στο κατάλληλο επίπεδο βάρους.

**Πίνακας 4.3** Παράδειγμα ταξινόμησης φυσαλίδας.

44	3	3	3	3	3	3	3	3
17	44	10	10	10	10	10	10	10
74	17	44	17	17	17	17	17	17
53	74	17	44	21	21	21	21	21
3	53	74	21	44	39	39	39	39
10	10	53	74	39	44	44	44	44
21	21	21	53	74	53	53	53	53
95	39	39	39	53	74	74	74	74
39	95	95	95	95	95	95	95	95

Ο κλασικός αλγόριθμος φυσαλίδας υλοποιείται ως εξής:

*Αλγόριθμος bubble\_sort*

*Δεδομένα* // *n, table* //

*Για i από 2 μέχρι n*

*Για j από n μέχρι i με\_βήμα -1*

*Αν table[j-1] > table[j] τότε*

*temp ← table[j-1]*

*table[j-1] ← table[j]*

*table[j] ← temp*

*Τέλος\_αν*

*Τέλος\_επανάληψης*

*Τέλος επανάληψης*

*Αποτελέσματα* // *table* //

*Τέλος bubble\_sort*

Ο αλγόριθμος αυτός τοποθετεί τα στοιχεία σε σειρά από το μικρότερο στο μεγαλύτερο. Στην περίπτωση που εξετάζουμε επιθυμούμε την φθίνουσα ταξινόμηση των προσφορών καθώς και την αντιστοίχιση των συμμετεχόντων στην νέα σειρά προσφορών. Ο αλγόριθμος προσαρμόζεται ως εξής:

```

Αλγόριθμος Ταξινόμηση
  Δεδομένα //  $B, m, b$  //
  Για  $i$  από 2 μέχρι  $B$ 
    Για  $j$  από  $B$  μέχρι  $i$  με_βήμα -1
      Αν  $m[j] > m[j-1]$  τότε
         $tempm \leftarrow m[j-1]$ 
         $m[j-1] \leftarrow m[j]$ 
         $m[j] \leftarrow tempm$ 
         $tempb \leftarrow b[j-1]$ 
         $b[j-1] \leftarrow b[j]$ 
         $b[j] \leftarrow tempb$ 
      Τέλος_αν
    Τέλος_επανάληψης
  Τέλος επανάληψης
  Αποτελέσματα //  $m, b$  //
Τέλος Ταξινόμηση

```

#### 4.4 ΑΝΑΚΗΡΥΞΗ ΝΙΚΗΤΩΝ

Οι νικητές προσδιορίζονται όπως προαναφέραμε με την προσθήκη της μεταβλητής αποδοχής  $c_i$  ώστε τα αποτελέσματα να είναι περαιτέρω αξιοποιήσιμα. Η αντιστοίχιση αυτή των μεταβλητών αποδοχής στους νικητές δεν έχει σημασία σε ποιο βήμα θα πραγματοποιηθεί. Η νίκη αναφέρεται σε συγκεκριμένες θέσεις του πίνακα και οι προσφορές μαζί με τους συμμετέχοντες αντιστοιχίζονται στις θέσεις. Επομένως το κομμάτι του κριτηρίου αποδοχής μπορεί να δρα ανεξάρτητα από το κομμάτι της ταξινόμησης. Ο αλγόριθμος θα πρέπει λοιπόν μετά την ολοκλήρωση της ταξινόμησης να καταχωρεί στη μεταβλητή  $c_i$  την τιμή 1 για τις πρώτες  $P$  θέσεις και την τιμή 0 για τις υπόλοιπες θέσεις από  $P+1$  μέχρι  $B$ .

## 4.5 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ

Ο συνολικός αλγόριθμος της διαδικασίας παρουσιάζεται ως εξής:

```

Αλγόριθμος Κλειστή_δημοπρασία
Δεδομένα // P, B, m, b //
  Αν B > P τότε
    Για i από 2 μέχρι B
      Για j από B μέχρι i με_βήμα -1
        Αν m[j] > m[j-1] τότε
           $tempm \leftarrow m[j-1]$ 
           $m[j-1] \leftarrow m[j]$ 
           $m[j] \leftarrow tempm$ 
           $tempb \leftarrow b[j-1]$ 
           $b[j-1] \leftarrow b[j]$ 
           $b[j] \leftarrow tempb$ 
        Τέλος_αν
      Τέλος_επανάληψης
    Τέλος επανάληψης
  Για i από 1 μέχρι P
     $c[i] \leftarrow 1$ 
  Τέλος επανάληψης
  Για i από P+1 μέχρι B
     $c[i] \leftarrow 0$ 
  Τέλος επανάληψης
Αλλιώς
  Για i από 1 μέχρι B
     $c[i] \leftarrow 1$ 
  Τέλος επανάληψης
Τέλος_αν
Αποτελέσματα // m, b, c //
Τέλος Κλειστή_δημοπρασία

```



Παρακάτω παρουσιάζεται μία εφαρμογή της συγκεκριμένης διαδικασίας για  $B = 50$  συμμετέχοντες,  $P = 30$  θέσεις στάθμευσης, ελάχιστο ποντάρισμα  $m^{\min} = 0.5$  βήμα αύξησης πονταρισμάτων  $dm = 0.1$ , ωράριο λειτουργίας 6.00-0.00 και ανανέωση θέσεων ανά 1 ώρα.

- 1<sup>ο</sup> βήμα: Σε κάθε συμμετέχοντα  $b_i$  που καταθέτει προσφορά στη δημοπράτηση θέσεων για το χρονικό διάστημα 6.00-6.59 καταχωρείται μία ακέραια τιμή από το 1 μέχρι το  $B=50$  ανάλογα με την χρονική στιγμή καταχώρισης της προσφοράς. Ο πρώτος χρονικά συμμετέχων λαμβάνει την τιμή 1 και ο τελευταίος την τιμή 50. Τον πίνακα των συμμετεχόντων συνοδεύουν κι οι αντίστοιχες προσφορές  $m_i$
- 2<sup>ο</sup> βήμα: Την χρονική στιγμή 6.59 οι προσφορές κλείνουν και εκτελείται ο αλγόριθμος επιλογής του νικητή. Ο πίνακας ταξινομείται με κριτήριο την φθίνουσα σειρά πονταρισμάτων, ενώ τα στοιχεία που ισοβαθμούν ταξινομούνται με κριτήριο την αύξουσα σειρά των αντίστοιχων συμμετεχόντων.
- 3<sup>ο</sup> βήμα: Οι πρώτοι 30 συμμετέχοντες του πίνακα είναι αυτοί με τις μεγαλύτερες προσφορές και αυτοί που κερδίζουν μία θέση στάθμευσης. Στον ταξινομημένο πίνακα προστίθεται η στήλη της μεταβλητής αποδοχής  $c_i$ . Οι 30 πρώτοι συμμετέχοντες των οποίων τα πονταρίσματα γίνονται αποδεκτά λαμβάνουν την τιμή  $c_i=1$  και οι υπόλοιποι 20 των οποίων τα πονταρίσματα απορρίπτονται την τιμή  $c_i=0$ .
- 4<sup>ο</sup> βήμα: Η συμμετοχή στις δημοπρασίες για τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα παραμένει ανοιχτή. Στις 6.59 εκτελείται ο αλγόριθμος λαμβάνοντας τον πίνακα συμμετεχόντων και προσφορών για το επόμενο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα χρονικά διαστήματα μέχρι και τις 22.59 που δημοπρατούνται οι θέσεις των 23.00-23.59.

Πίνακας 4.4 Παράδειγμα εφαρμογής κλειστής δημοπρασίας για μία χρονοθυρίδα.

i	b(i)	m(i)
1	1	4
2	2	2
3	3	0,5
4	4	1,3
5	5	2,3
6	6	5,5
7	7	3,2
8	8	1
9	9	1,2
10	10	1
11	11	12
12	12	7
13	13	5
14	14	3
15	15	1,5
16	16	3,5
17	17	2
18	18	10
19	19	7,5
20	20	0,7
21	21	0,5
22	22	3
23	23	1
24	24	6
25	25	2,3
26	26	1
27	27	0,8
28	28	10
29	29	5
30	30	1,5
31	31	4,5
32	32	1,2
33	33	5,5
34	34	1
35	35	2
36	36	5
37	37	1,5
38	38	4
39	39	3
40	40	8
41	41	1,3
42	42	1
43	43	7
44	44	3,3
45	45	3,5
46	46	2
47	47	2,2
48	48	0,5
49	49	1,5
50	50	3

i	b(i)	m(i)
1	11	12
2	18	10
3	28	10
4	40	8
5	19	7,5
6	12	7
7	43	7
8	24	6
9	6	5,5
10	33	5,5
11	13	5
12	29	5
13	36	5
14	31	4,5
15	1	4
16	38	4
17	16	3,5
18	45	3,5
19	44	3,3
20	7	3,2
21	14	3
22	22	3
23	39	3
24	50	3
25	5	2,3
26	25	2,3
27	47	2,2
28	2	2
29	17	2
30	35	2
31	46	2
32	15	1,5
33	30	1,5
34	37	1,5
35	49	1,5
36	4	1,3
37	41	1,3
38	9	1,2
39	32	1,2
40	8	1
41	10	1
42	23	1
43	26	1
44	34	1
45	42	1
46	27	0,8
47	20	0,7
48	3	0,5
49	21	0,5
50	48	0,5

i	b(i)	m(i)	c(i)
1	11	12	1
2	18	10	1
3	28	10	1
4	40	8	1
5	19	7,5	1
6	12	7	1
7	43	7	1
8	24	6	1
9	6	5,5	1
10	33	5,5	1
11	13	5	1
12	29	5	1
13	36	5	1
14	31	4,5	1
15	1	4	1
16	38	4	1
17	16	3,5	1
18	45	3,5	1
19	44	3,3	1
20	7	3,2	1
21	14	3	1
22	22	3	1
23	39	3	1
24	50	3	1
25	5	2,3	1
26	25	2,3	1
27	47	2,2	1
28	2	2	1
29	17	2	1
30	35	2	1
31	46	2	0
32	15	1,5	0
33	30	1,5	0
34	37	1,5	0
35	49	1,5	0
36	4	1,3	0
37	41	1,3	0
38	9	1,2	0
39	32	1,2	0
40	8	1	0
41	10	1	0
42	23	1	0
43	26	1	0
44	34	1	0
45	42	1	0
46	27	0,8	0
47	20	0,7	0
48	3	0,5	0
49	21	0,5	0
50	48	0,5	0

1<sup>ο</sup> βήμα2<sup>ο</sup> βήμα3<sup>ο</sup> βήμα

## 4.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Η επίλυση που παρουσιάστηκε αποτελεί μια διαδικασία διακριτών κατανοητών βημάτων. Αρχικά ελέγχεται ανάγκη ταξινόμησης βάσει του αριθμού των συμμετεχόντων, στη συνέχεια εκτελείται η ταξινόμηση και στο τέλος προστίθεται η μεταβλητή αποδοχής. Η μέθοδος αυτή επιδέχεται βελτιστοποίησης με την σύμπτυξη των βημάτων.

Αρχικά για την εξαγωγή των νικητών ταξινομήθηκε ολόκληρος ο πίνακας των συμμετεχόντων. Φυσικά για την εύρεση των νικητών χρειάζονται μόνο οι πρώτοι  $P$  συμμετέχοντες. Για τους συμμετέχοντες που βρίσκονται εκτός της ομάδας υπερθεματισμού δεν μας ενδιαφέρει η σειρά κατάταξής τους. Η μέθοδος φυσαλίδα όπως παρουσιάστηκε ταξινομεί σταδιακά τους συμμετέχοντες βρίσκοντας σε  $B-1$  βήματα τον συμμετέχοντα που αντιστοιχεί σε κάθε θέση ξεκινώντας με την σειρά από την θέση 1 ως την θέση  $B$ . Η σειριακή αυτή προσπέλαση της μεθόδου μας δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής του αλγορίθμου στον υπολογισμό μόνο των απολύτως απαραίτητων θέσεων. Στην περίπτωση αυτή η επαναληπτική διαδικασία θα τερματίζει μετά την εύρεση των πρώτων  $P$  θέσεων. Με τον τρόπο αυτόν εξοικονομείται ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας.

Η προσθήκη της μεταβλητής αποδοχής στο 3<sup>ο</sup> βήμα υλοποιήθηκε με την χρήση νέας προσπέλασης των στοιχείων. Εφόσον η ταξινόμηση χρησιμοποιεί ήδη μία αύξουσα σάρωση στα στοιχεία, μπορούμε να τροποποιήσουμε τον αλγόριθμο ώστε η μεταβλητή να εισάγεται μέσα στην πρώτη επαναληπτική διαδικασία. Στην περίπτωση αυτή μετά την ολοκλήρωση κάθε εγκιβωτισμένης επανάληψης που αναδεικνύει κι από έναν νικητή, θα προστίθεται και η τιμή 1 στην μεταβλητή  $c_i$ . Εφόσον η ταξινόμηση λήγει με τον υπολογισμό των θέσεων των νικητών, η καταχώρηση της τιμής  $c_i = 0$  θα γίνεται όπως και πριν με νέα προσπέλαση για τις αταξινόμητες θέσεις των ηττημένων αυτή τη φορά.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αλγόριθμος της βελτιωμένης διαδικασίας.

*Αλγόριθμος Σύντομη\_κλειστή\_δημοπρασία*

*Δεδομένα* //  $P, B, m, b$  //

*Αν*  $B > P$  *τότε*

*Για*  $i$  *από* 2 *μέχρι*  $P+1$

*Για*  $j$  *από*  $B$  *μέχρι*  $i$  *με βήμα* -1

*Αν*  $m[j] > m[j-1]$  *τότε*

$tempm \leftarrow m[j-1]$

$m[j-1] \leftarrow m[j]$

$m[j] \leftarrow tempm$

$tempb \leftarrow b[j-1]$

$b[j-1] \leftarrow b[j]$

$b[j] \leftarrow tempb$

*Τέλος\_αν*

*Τέλος\_επανάληψης*

$c[j] \leftarrow 1$

*Τέλος επανάληψης*

*Για*  $i$  *από*  $P+1$  *μέχρι*  $B$

$c[i] \leftarrow 0$

*Τέλος επανάληψης*

*Αλλιώς*

*Για*  $i$  *από* 1 *μέχρι*  $B$

$c[i] \leftarrow 1$

*Τέλος επανάληψης*

*Τέλος\_αν*

*Αποτελέσματα* //  $m, b, c$  //

*Τέλος Σύντομη\_κλειστή\_δημοπρασία*



#### 4.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε αφορά τον διαμοιρασμό πολλών ομοίων αγαθών σε πολλούς ενδιαφερόμενους. Το αντίτιμο είναι διαφορετικό για κάθε νικητή, ίσο με την προσφορά που καταθέτει. Η μορφή αυτής της δημοπρασίας αναφέρεται ως *pay-per-bid auction* ή *discriminatory price auction* και είναι η βασική μορφή δημοπρασίας που θα χρησιμοποιήσουμε όσο η δημοπράτηση γίνεται για κάθε χρονοθυρίδα ξεχωριστά. Το χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τη μέθοδο από τις επόμενες είναι η εχεμύθεια των προσφορών που την καθιστά κλειστή.

Η επιλογή της κλειστής δημοπρασίας για την προσέγγιση του προβλήματος ενέχει τον αποκλεισμό κάθε πληροφορίας μεταξύ των συμμετεχόντων σχετικά με τις προσφορές τους. Αυτό σημαίνει πως οι συμμετέχοντες μέχρι την λήξη της δημοπρασίας δεν έχουν κάποια ένδειξη σχετικά με το ύψος των προσφορών και με την πιθανότητα αποδοχής της προσφοράς τους. Η μόνη πληροφορία που λαμβάνουν είναι αυτή της νίκης ή ήττας κατά την ανακοίνωση του αποτελέσματος. Στην πραγματικότητα ένας πελάτης θα επιθυμούσε να γνωρίζει πριν την λήξη της δημοπρασίας αν η προσφορά του είναι πλειοδοτική ή όχι ώστε να την αυξήσει αν επιθυμεί και βάσει αυτού του χαρακτηριστικού θα κινηθούμε στην συνέχεια για την βελτίωση της προσέγγισής μας.

Η επιλογή εκτέλεσης του αλγορίθμου για το χρονικό διάστημα  $t_{i+1}$  την στιγμή λήξης του διαστήματος  $t_i$  δεν δίνει στους νικητές το επαρκές χρονικό περιθώριο για την άφιξή τους στο χώρο της μίσθωσης. Ο ενδιαφερόμενος που συμμετέχει στη δημοπρασία και έχει προγραμματίσει τις εργασίες του επιθυμεί να γνωρίζει νωρίτερα αν κερδίζει μία θέση, αφενός για να έχει τον απαιτούμενο χρόνο μετάβασης στο χώρο στάθμευσης, αφετέρου για να γνωρίζει αν θα ισχύσει ο υπόλοιπος προγραμματισμός που έχει κάνει. Η επιλογή των χρονικών στιγμών στην παραπάνω παρουσίαση έγινε ενδεικτικά για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας και της ακολουθίας μεταξύ των χρόνων λήξης δημοπρασίας και έναρξης μίσθωσης. Το πρόβλημα αυτό της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ της ειδοποίησης νίκης και της άφιξης του νικητή επιλύεται φυσικά με επιλογή

διαφορετικών χρόνων εκτέλεσης, όπως τη μετατόπιση όλων των χρόνων επιλογής των νικητών προς τα πίσω ή την ταυτόχρονη εκτέλεση όλων των δημοπρασιών της τρέχουσας ημέρας μία ημέρα πριν. Αυτό που μας ενδιαφέρει δεν είναι ποιες στιγμές θα εκτελείται κάθε αλγόριθμος, αλλά πώς δομείται και επιλύεται το μοντέλο. Οι στιγμές λήξης της εκάστοτε δημοπρασίας είναι μια παράμετρος που ο εκάστοτε πάροχος μπορεί επιλέγει σύμφωνα με τη βούλησή και τις ανάγκες του.

Αντίστοιχα η χρήση του στοιχείου  $b$  που αντιστοιχεί στον αύξοντα αριθμό του εκάστοτε συμμετέχοντα είναι ένα προϊόν κάποιου προγράμματος. Το πρόγραμμα αυτό θα πρέπει:

- να φροντίζει ώστε η χρονική στιγμή εισαγωγής προσφοράς να μετατρέπεται στον  $\alpha/\alpha$  του χρήστη
- να καταγράφει τον  $\alpha/\alpha$  στην θέση του πίνακα συμμετεχόντων
- να μετακινεί την νέα προσφορά στον πίνακα των προσφορών στη αντίστοιχη θέση του  $\alpha/\alpha$
- να συνδέει τον  $\alpha/\alpha$  κάθε χρήστη με τον προσωπικό αριθμό αναγνώρισης που του έχει καταχωρηθεί κατά την εγγραφή του στη βάση δεδομένων ώστε να είναι δυνατή η ταυτοποίηση του και ειδοποίησή του
- να ελέγχει ότι οι προσφορές που καταχωρούνται είναι πολλαπλάσια του ελάχιστου πονταρίσματος  $dm$
- να διασφαλίζει την απόρριψη προσφορών μικρότερων του ελάχιστου αποδεκτού πονταρίσματος
- να διασφαλίζει ότι οι αναθεωρήσεις προσφορών γίνονται με τους κανόνες που έχει θέσει ο πάροχος (αύξηση, μείωση ακύρωση)
- να ενημερώνει τον χρήστη σε περίπτωση που η προσφορά του δεν πληροί τα 3 παραπάνω κριτήρια

Η μεταφορά ενός αποδοτικού μοντέλου σε ένα ρεαλιστικό προγραμματιστικό περιβάλλον περιέχει διαφοροποιήσεις, δυσκολίες και τεχνικές λεπτομέρειες που απέχουν αρκετά από τον χαρακτήρα της λογικής προσέγγισης και επίλυσης ενός

προβλήματος. Η υλοποίηση από την αρχή μέχρι το τέλος με κάθε λεπτομέρεια μίας αντίστοιχης ψηφιακής εφαρμογής δεν αποτελεί αντικείμενο εξέτασης της παρούσας εργασίας. Αυτό που μας ενδιαφέρει όπως προαναφέρθηκε είναι η πρόταση και επίλυση ενός μοντέλου και η λογική του λειτουργία και όχι η αναζήτηση κάθε λεπτομέρειας που απαιτείται για τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού προγράμματος.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ ΑΝΑΝΕΩΣΗ (ΜΕΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ)

### 5.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

#### 5.1.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ

Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε αποτελεί την απλούστερη μορφή επίλυσης του προβλήματος της δημοπράτησης θέσεων στάθμευσης. Η διαδικασία της επιλογής των καλύτερων συμμετεχόντων εκτελέστηκε μία καθοριστική φορά για κάθε χρονικό διάστημα. Αυτό σημαίνει πως οι συμμετέχοντες δεν μπορούσαν να έχουν κάποια πληροφόρηση σχετικά με την αποδοχή ή όχι του πονταρίσματος τους.

Η πλήρης ανωνυμία και εχεμύθεια των προσφορών αποτελεί ένα χαρακτηριστικό το οποίο χρησιμοποιείται σε κλειστές δημοπρασίες περιορισμένων αγαθών πολύ μεγάλης αξίας και μικρού αριθμού συμμετεχόντων. Στις δημοπρασίες αυτές η φύση και η αξία των αγαθών είναι τέτοια που περιορίζει σημαντικά τον κύκλο των ατόμων που μπορούν να συμμετάσχουν. Στην περίπτωση αυτή η διασφάλιση της μυστικότητας και του περιορισμού της ροής πληροφοριών μεταξύ των συμμετεχόντων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχία της δημοπράτησης καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος της συνεννόησης των συμμετεχόντων και της εξαπάτησης του οίκου, μιας πρακτικής γνωστής ως συμπαιγνία. Η ψυχολογία των συμμετεχόντων καθώς και η χρήση των αρχών της θεωρίας των παιγνίων επηρεάζει σημαντικά την έκβαση τέτοιων δημοπρασιών.

Ωστόσο στις περισσότερες εφαρμογές δημοπράτησης αγαθών για εμπορικούς σκοπούς που απευθύνονται στο ευρύ καταναλωτικό κοινό, συνηθίζεται οι συμμετέχοντες να λαμβάνουν κάποια ανατροφοδότηση σχετικά με το πότε το

ποντάρισμα τους είναι πλειοδοτικό. Αυτό αποτελεί μια βολική συνθήκη τόσο για τον συμμετέχοντα που έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει πότε χρειάζεται να βελτιώσει τη θέση του για να βγει νικητής, όσο και για τον δημοπράτη που ευελπιστεί να αποκομίσει ένα μεγαλύτερο αντίτιμο για τα αγαθά του μέσω του ανταγωνισμού αυτού των συμμετεχόντων και της αύξησης των προσφορών.

### 5.1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η επιθυμητή ανατροφοδότηση των συμμετεχόντων συνίσταται στην εφαρμογή του αλγορίθμου επιλογής των νικητών σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει πως ο αλγόριθμος θα πρέπει να εκτελείται και να ανανεώνεται συνεχώς, π.χ. κάθε 1 δευτερόλεπτο ή κάθε φορά που καταχωρείται μία προσφορά, επιτρέποντας την είσοδο νέων συμμετεχόντων ταυτόχρονα με την αναθεώρηση πονταρισμάτων από παλιούς συμμετέχοντες. Παράλληλα θα πρέπει να ενημερώνει τους συμμετέχοντες αν το ποντάρισμά τους είναι αποδεκτό την δεδομένη χρονική στιγμή.

Με την πρώτη εκτέλεση του αλγορίθμου μετά την καταχώρηση της αρχικής προσφοράς, ο χρήστης θα ενημερώνεται αν βρίσκεται εντός της ομάδας υπερθεματισμού. Ένας χρήστης με μεταβλητή αποδοχής  $c_i = 1$  θα μεταφέρεται σε οθόνη με μήνυμα αποδοχής της προσφοράς του, ενώ ένας χρήστης με  $c_i = 0$  σε οθόνη με μήνυμα απόρριψης. Στην συνέχεια, οι χρήστες που χαρακτηρίστηκαν αρχικά με  $c_i = 1$  θα λαμβάνουν ειδοποίηση απόρριψης σε περίπτωση που αλλάξει η μεταβλητή αποδοχής τους, οποιαδήποτε στιγμή μέχρι την λήξη της δημοπρασίας. Η πραγματική επιλογή των νικητών θα γίνεται με την τελευταία καθοριστική εκτέλεση του αλγορίθμου η οποία αντιστοιχεί χρονικά στην μία και μοναδική εκτέλεση του αλγορίθμου της αρχικής περίπτωσης που εξετάστηκε προηγουμένως. Στο τέλος θα

ειδοποιούνται όλοι οι νικητές της δημοπρασίας και θα πραγματοποιείται αυτόματα η πληρωμή βάσει το τρόπου πληρωμής που θα έχουν καταχωρήσει.

**Εικόνα 5.1** Βήματα συμμετοχής στη δημοπρασία σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.

*Βήμα 1: Εισαγωγή ημερομηνίας*

<b>ΕΠΙΛΟΓΗ ΗΜ/ΝΙΑΣ</b>
<b>ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ</b>
<b>Καταχώρηση</b>

*Βήμα 2: Επιλογή ώρας*

<b>ΕΠΙΛΟΓΗ ΏΡΑΣ</b>	
6.00-7.00	15.00-16.00
7.00-8.00	16.00-17.00
8.00-9.00	17.00-18.00
9.00-10.00	18.00-19.00
10.00-11.00	19.00-20.00
11.00-12.00	20.00-21.00
12.00-13.00	21.00-22.00
13.00-14.00	22.00-23.00
14.00-15.00	23.00-24.00
<b>Επιστροφή</b>	

*Βήμα 3: Εισαγωγή προσφοράς.*

<b>ΗΜ/ΝΙΑ</b>	<b>ΏΡΑ</b>
08/09/2018	19.00-20.00
<b>Λήξη Σε:</b>	33 min, 26 sec
<b>Προσφορά:</b>	__ EUR
<b>Επιστροφή</b>	<b>Καταχώρηση</b>

Βήμα 4: Ενημέρωση για αποδοχή ή απόρριψη της τρέχουσας προσφοράς.  
Περίπτωση απόρριψης.

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 49 sec
Προσφορά:	2.50 EUR
Αποδοχή:	 Αυξήστε προσφορά
Επιστροφή	Αλλαγή

Βήμα 5: Επιστροφή στη φόρμα εισαγωγής για αναθεώρηση πονταρίσματος.

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 25 sec
Προσφορά:	-- EUR
Επιστροφή	Καταχώρηση

Βήμα 6: Ενημέρωση για αποδοχή ή απόρριψη νέας προσφοράς.  
Περίπτωση αποδοχής.

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	31 min, 58 sec
Προσφορά:	2.80 EUR
Αποδοχή:	 Είστε πλειοδότης
Επιστροφή	Αλλαγή

Βήμα 7: Λήξη δημοπρασίας.

Περίπτωση νίκης.

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	ΕΛΗΞΕ
Προσφορά:	2.80 EUR
Αποδοχή:	 Είστε πλειοδότης
Επιστροφή	

Η πληροφόρηση του χρήστη σχετικά με το ποντάρισμά του σημαίνει και πληροφορία πάνω στην τρέχουσα κατάσταση πονταρισμάτων, καθώς η αποδοχή ή απόρριψή του εξαρτάται και από τις προσφορές των άλλων χρηστών. Στην περίπτωση αυτή η ακύρωση πονταρίσματος από έναν χρήστη μπορεί να σημαίνει αλλαγή κατάστασης από απόρριψη σε αποδοχή για κάποιον άλλον. Η αλλαγή αυτή ενδεχομένως να προκαλέσει συγχύσεις, όπως στην περίπτωση ενδιαφερόμενου που έσπευσε να αγοράσει θέση σε κάποια άλλη επιχείρηση ή που αναγκάστηκε να αλλάξει τα σχέδιά του και να μην ενδιαφέρεται πλέον για την αγορά. Επομένως κρίνεται καταλληλότερο να μην υπάρχει η δυνατότητα ακύρωσης ή μείωσης προσφοράς, αλλά οι τροποποιήσεις να επιτρέπονται μόνο προς τα πάνω.

Μία εκτέλεση του αλγορίθμου αποθηκεύει τα αποτελέσματα για την ενημέρωση των χρηστών. Η επόμενη εκτέλεση χρησιμοποιεί ξανά τα ίδια στοιχεία με την προσθήκη των αλλαγών που μεσολάβησαν και αντικαθιστά τα προηγούμενα αποτελέσματα με τα καινούρια. Τα αποτελέσματα κάθε εκτέλεσης δεν συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη. Ωστόσο, μεταξύ δύο διαδοχικών εκτελέσεων του αλγορίθμου θα υπάρχει ένα κοινό σύνολο στοιχείων. Με την εκκίνηση της ίδιας διαδικασίας από την αρχή θα επιλύεται ξανά το κοινό σύνολο το οποίο είχε υπολογιστεί στο προηγούμενο βήμα. Αυτό σημαίνει ότι ο αλγόριθμος θα εκτελείται αυτούσιος κάθε

φορά από την αρχή και θα ταξινομεί ξανά όλα τα στοιχεία. Ωστόσο, εφόσον θα μπορούσε να υπάρχει ήδη μία λύση για το κοινό σύνολο, συμπεραίνουμε πως η διαδικασία θα μπορούσε να βελτιωθεί σημαντικά, σε περίπτωση που επιλέξουμε να αποθηκεύονται τα ταξινομημένα στοιχεία κάθε εκτέλεσης και να χρησιμοποιούνται ως είσοδος στην επόμενη. Σε έναν τέτοιο αλγόριθμο η επανάληψη της εκτέλεσης συνεπάγεται την μερική επίλυση του βήματος  $n+1$  στο βήμα  $n$ .

## 5.2 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΣΕ ΚΑΘΕ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΝΕΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ

### 5.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η συνεχής ανανέωση μπορεί να επιτευχθεί με την επανάληψη της εκτέλεσης του αλγορίθμου που παρουσιάσαμε με την προσθήκη της πληροφόρησης του χρήστη σχετικά με την αποδοχή του μετά από κάθε ανανέωση. Το ερώτημα είναι κάθε πότε θα εφαρμόζεται η επανεκτέλεση αυτή. Μία προφανής προσέγγιση είναι ο αλγόριθμος να επανεκτελείται κάθε φορά που εισάγεται κάποιο νέο δεδομένο. Σε μια τέτοια προσέγγιση, κάθε νέο χρονικά ζεύγος πονταρίσματος και συμμετέχοντα θα αποτελεί και το μοναδικό στοιχείο προς ταξινόμηση. Αυτό σημαίνει πως χρειαζόμαστε έναν νέο αλγόριθμο ο οποίος θα πρέπει να λαμβάνει ως είσοδο έναν ήδη ταξινομημένο πίνακα και ένα νέο στοιχείο και να τοποθετήσει αυτό το στοιχείο στη σωστή θέση μέσα στον πίνακα. Το νέο στοιχείο θα είναι το ζεύγος νέας προσφοράς και νέου συμμετέχοντα και μπορούν να αποτελούν είτε μέρος των επιμέρους πινάκων, είτε 2 ξεχωριστές νέες μεταβλητές. Για την συνέχεια της προσέγγισής μας θα θεωρήσουμε πως μία προσφορά από έναν νέο χρήστη μαζί με τον  $\alpha/\alpha$  του χρήστη θα εισάγονται σε μία νέα θέση στο τέλος των πινάκων, ενώ μία αναθεωρημένη προσφορά θα εισάγεται στην αντίστοιχη θέση του συμμετέχοντα εντός του πίνακα. Οι πίνακες των προγενέστερων προσφορών, χρηστών και μεταβλητών αποδοχής θα είναι ήδη ταξινομημένοι. Αυτό σημαίνει πως αρκεί απλά να τοποθετηθούν στη σωστή θέση τα νέα στοιχεία και να υπολογιστούν οι

νέοι νικητές. Αντίστοιχα για μία αύξηση προσφοράς από έναν χρήστη, θα πρέπει να αναζητηθεί η προσφορά αυτή και να τοποθετηθεί στη σωστή της θέση.

Πιο αναλυτικά, γνωρίζουμε πως κάθε φορά θα έχουμε να μεταχειριστούμε μία μόνο προσφορά, χωρίς ωστόσο να ξέρουμε αν αυτή θα είναι από νέο χρήστη ή από υπάρχοντα. Δηλαδή αν η προσφορά αυτή θα βρίσκεται μέσα στον πίνακα ή αν θα είναι το τελευταίο του στοιχείο. Θα πρέπει επομένως τα φτιάξουμε 2 διαφορετικά κομμάτια αλγορίθμου, ένα για την περίπτωση νέας προσφοράς και ένα για την περίπτωση αναθεώρησης.

### 5.2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Το κομμάτι αναθεώρησης, θα πρέπει να προσπελαύνει τον πίνακα αναζητώντας την ύπαρξη αναθεωρημένης προσφοράς. Για να το πετύχει αυτό θα πρέπει να ελέγχει διαδοχικά τα στοιχεία για να διαπιστώσει αν τηρείται η φθίνουσα σειρά. Σε περίπτωση που ταυτοποιηθεί κάποιο στοιχείο μεγαλύτερο από το προηγούμενό του, σημαίνει πως έχουμε αναθεώρηση, εκτός αν πρόκειται για το τελευταίο. Το στοιχείο αυτό θα αναδύεται ανταλλάζοντας διαδοχικές θέσεις με τα γειτονικά του στοιχεία.

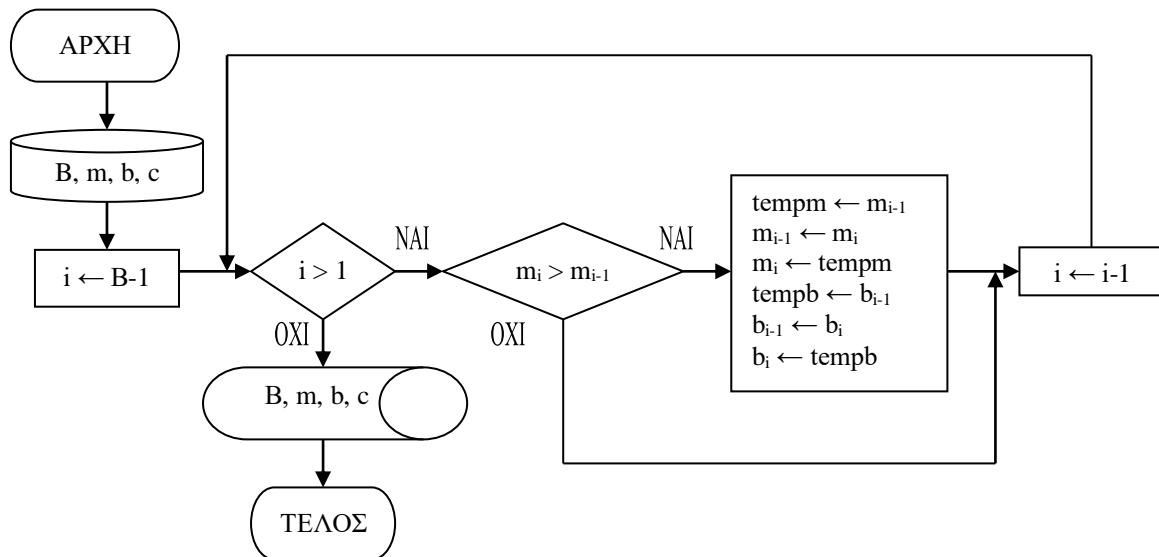
Όσον αφορά το τελευταίο στοιχείο τότε αν αυτό βρεθεί μεγαλύτερο από το προτελευταίο μπορεί να πρόκειται εξίσου για αναθεώρηση ή για νέα προσφορά. Αν πρόκειται για αναθεώρηση, εφόσον το σύνολο του υπόλοιπου πίνακα είναι ταξινομημένο, συμπεραίνουμε πως είναι το ίδιο με το να είχαμε απλώς ένα νέο στοιχείο. Η μόνη διαφορά, στη διαδικασία και όχι στην ουσία, έγκειται στη μεταβλητή αποδοχής, η οποία σε αναθεωρημένο στοιχείο θα είναι ήδη συμπληρωμένη, ενώ σε νέο στοιχείο θα είναι κενή και θα πρέπει να συμπληρωθεί. Επομένως, για λόγους ευκολίας, κρίνεται καταλληλότερη η μεταχείριση του τελευταίου στοιχείου ως καινούριας καταχώρησης. Η αντιμετώπιση αυτή μας γλιτώνει από την ανάγκη περαιτέρω αναζήτησης για το τι θα

πρέπει να γίνεται σε περίπτωση που ένα νέο στοιχείο λανθασμένα ταυτοποιηθεί από τον αλγόριθμο ως αναθεωρημένο. Στην περίπτωση αναθεώρησης απλώς θα καταχωρείται πάντα εκ νέου η μεταβλητή αποδοχής όπως εφαρμόζεται στα νέα στοιχεία, σε αντίθεση με τα αναθεωρημένα στοιχεία στις υπόλοιπες θέσεις όπου ενδέχεται να μην προκύψει κάποια αλλαγή στις μεταβλητές. Επομένως η προσπέλαση για τις αναθεωρήσεις θα γίνεται για τις πρώτες  $B-1$  καταχωρήσεις.

Παρότι ενδέχεται να χρειαστεί η μετακίνηση πολλών χρηστών για να βρεθεί μία αναθεωρημένη προσφορά στη νέα της θέση, δεν είναι απαραίτητη και η αντιμετάθεση των αντίστοιχων μεταβλητών αποδοχής, καθώς το κριτήριο αυτό μπορεί να αλλάξει μόνο για δύο χρήστες, αυτόν με την αναθεώρηση και αυτόν που στην αρχική κατάσταση βρισκόταν στην θέση  $P$ . Αν λοιπόν η παλιά θέση του αναθεωρημένου στοιχείου βρισκόταν εκτός υπερθεματισμού και η νέα του θέση εντός, τότε θα πρέπει να γίνει ανταλλαγή της μεταβλητής αποδοχής με το στοιχείο που μετακινήθηκε στη θέση  $P+1$ . Αν η παλιά του κατάσταση ταυτίζεται με την νέα δεν χρειάζεται κάποια αλλαγή στις μεταβλητές αποδοχής, ενώ η περίπτωση να ήταν εντός υπερθεματισμού και μετά να βρέθηκε εκτός από το ίδιο του το ποντάρισμα δεν υφίσταται καθώς έχουμε ορίσει πως οι αναθεωρήσεις γίνονται μόνο προς τα πάνω. Ωστόσο εφόσον η είσοδος στον αλγόριθμό μας ως προς τις μεταβλητές αποδοχής είναι ένας ήδη ταξινομημένος πίνακας για τις πρώτες  $B-1$  θέσεις που εξετάζουμε, δεν χρειάζεται τελικά να κάνουμε κάποια ενέργεια για τις μεταβλητές. Κάθε εξεταζόμενη θέση κατέχει ήδη την σωστή μεταβλητή αποδοχής που της αντιστοιχεί, δηλαδή την τιμή  $1$  για τις πρώτες  $P$  θέσεις και την τιμή  $0$  για τις επόμενες. Τα στοιχεία που δεν αντιστοιχίζονται σωστά με τις θέσεις είναι τα πονταρίσματα, λόγω της πιθανής ύπαρξης της μίας αναθεωρημένης προσφοράς. Μόλις λάβουν όλες οι προσφορές την σωστή τελική τους θέση, θα τους έχει αποδοθεί σωστά και το κριτήριο αποδοχής βάσει της θέσης αυτής. Ένας συμμετέχοντας επομένως, που θα μετακινηθεί εντός της ομάδας υπερθεματισμού, λαμβάνει κατευθείαν και την σωστή μεταβλητή αποδοχής, εφόσον αυτές έχουν ήδη καταχωρηθεί σωστά στις πλειοδοτικές θέσεις. Για τον λόγο αυτό δεν χρειάζεται να συμπεριλάβουμε καθόλου τις μεταβλητές αποδοχής στον αλγόριθμο της αναθεώρησης.

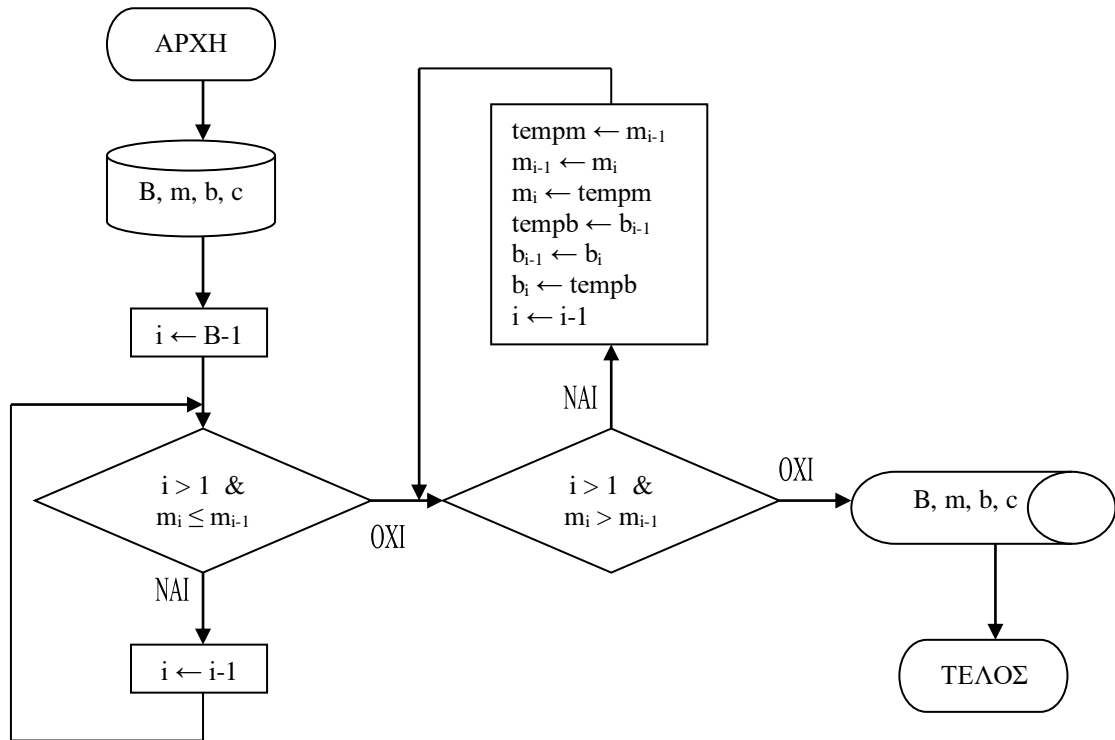


Διάγραμμα 5.1 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου αναθεώρησης με πλήρη σάρωση.



Η μέθοδος, όπως φαίνεται παραπάνω, είναι σαν αυτή της φυσαλίδας με μία μόνο προσπέλαση αντί για τις  $N-1$  που εκτελεί ο κλασικός αλγόριθμος φυσαλίδας. Εφόσον ο υπόλοιπος πίνακας είναι ταξινομημένος, η μία αυτή προσπέλαση αντιστοιχεί στην ανάδυση του αναθεωρημένου στοιχείου στη σωστή του θέση. Επειδή δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε *a priori* ποια θα είναι η τελική του θέση ώστε να σταματήσουμε την προσπέλαση σε αυτή, όπως γίνεται στην κλασική φυσαλίδα, η προσπέλαση ξεκινάει απ το τελευταίο στοιχείο (στην περίπτωσή μας απ το προτελευταίο για τους λόγους που προαναφέραμε) και φτάνει μέχρι το 2<sup>ο</sup> ώστε να καλύπτονται όλες οι πιθανές τελικές θέσεις του στοιχείου. Αυτό σημαίνει ότι ο αλγόριθμος αναγκάζεται να κάνει περιττούς ελέγχους μετά και την τοποθέτηση του στοιχείου στη σωστή του θέση. Για να εξαλείψουμε αυτό το ελάττωμα θα πρέπει με κάποιον τρόπο να ανιχνεύεται ταυτόχρονα και η τελική θέση και όταν αυτή προσπελαστεί να σταματά η διαδικασία. Αυτό μπορεί να γίνει χωρίζοντας την προσπέλαση σε δύο κομμάτια με δύο αντίθετες συνθήκες. Η πρώτη συνθήκη θα ανιχνεύει το αναθεωρημένο στοιχείο και η δεύτερη θα εκτελεί τις αντιμεταθέσεις μέχρι να πάψει να ισχύει, δηλαδή μέχρι να ανιχνευθεί η τελική θέση.

**Διάγραμμα 5.2** Διάγραμμα ροής αλγορίθμου αναθεώρησης με ανίχνευση θέσης.



Εάν μετά την αναζήτηση δεν προκύψει κάποιο αναθεωρημένο στοιχείο, τότε:

- είτε έχει προστεθεί νέα καταχώρηση
- είτε έχει αναθεωρηθεί η τελευταία καταχώρηση
- είτε έχει αναθεωρηθεί οποιοδήποτε στοιχείο κατά ποσότητα μη ικανή να μεταβάλλει την θέση του

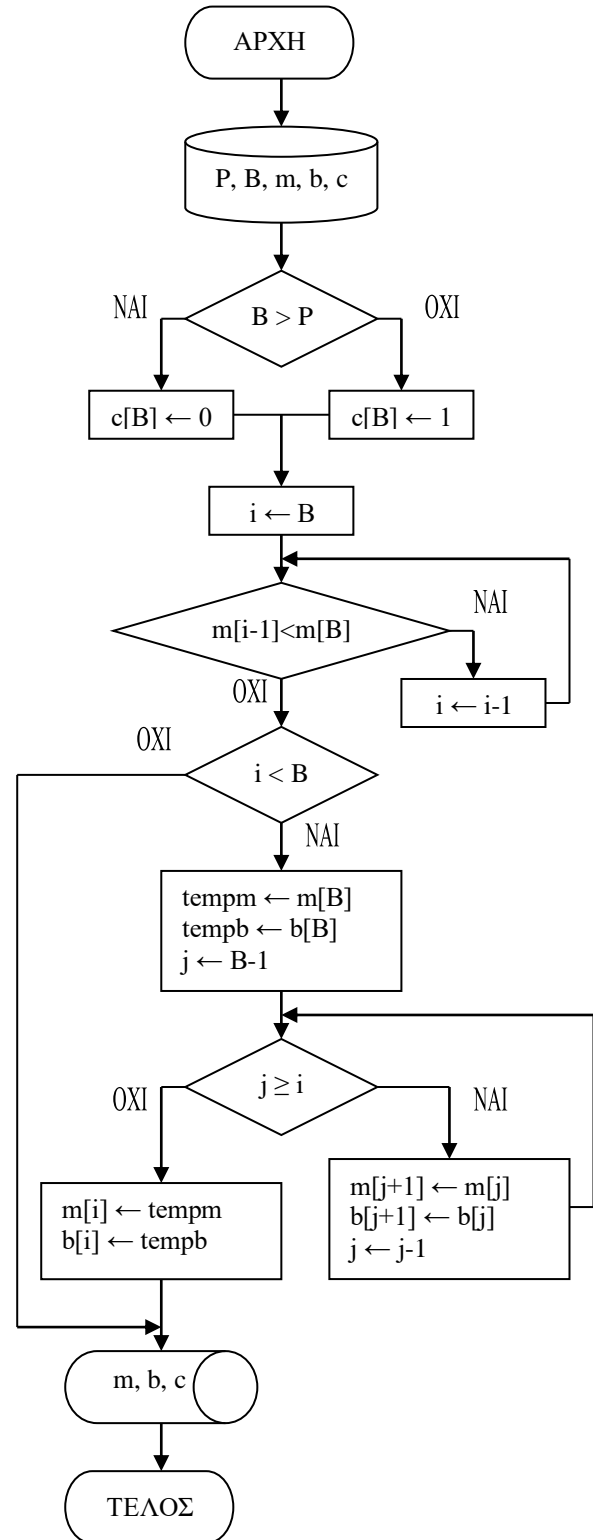
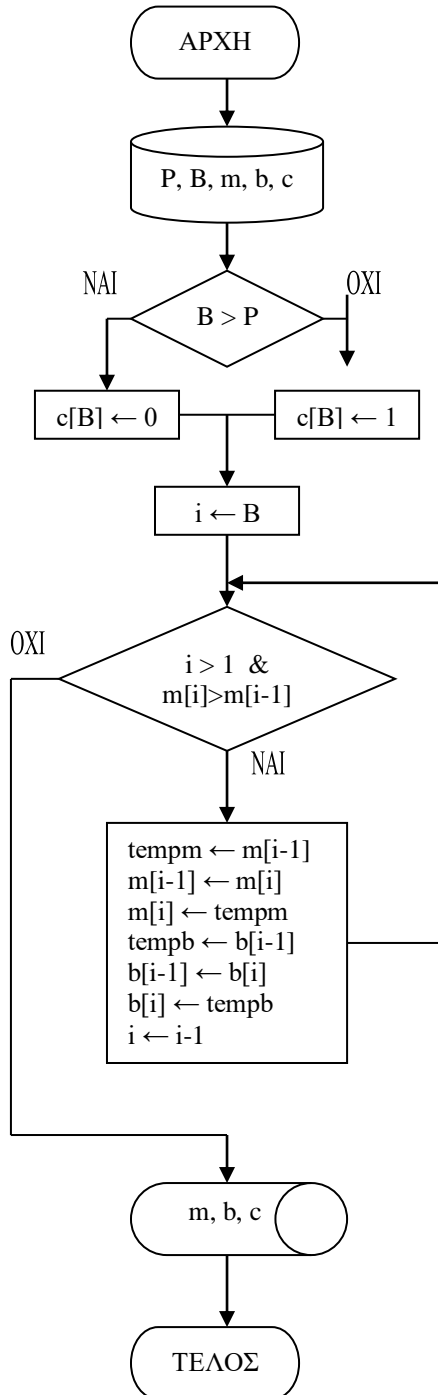
Οι δύο πρώτες περιπτώσεις θα αντιμετωπίζονται όπως αναφέραμε με το κομμάτι του αλγορίθμου που αφορά τα νέα στοιχεία, ενώ για την τελευταία περίπτωση δεν χρειάζεται να γίνει κάποια ενέργεια καθώς δεν προκαλείται αλλαγή σε κανένα άλλο στοιχείο των πινάκων.

### 5.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΝΕΑΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ

Το κομμάτι των νέων προσφορών θα πρέπει να μετακινεί το τελευταίο στοιχείο στη σωστή του θέση και να του προσδίδει την κατάλληλη μεταβλητή αποδοχής. Εφόσον όπως εξηγήσαμε η μεταβλητή αποδοχής ορίζεται από την θέση και όχι από το στοιχείο, μπορεί να καταχωρείται κατευθείαν στην τελευταία θέση πριν την μετακίνηση του στοιχείου. Η μετακίνηση όλων των στοιχείων στις τελικές τους θέσεις, που μπορεί να γίνεται στην συνέχεια με τις βηματικές αντιμεταθέσεις όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, θα εξασφαλίζει και την σωστή αντιστοίχιση των μεταβλητών αποδοχής.

Η μέθοδος των αντιμεταθέσεων χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση πολλών στοιχείων. Ωστόσο εφόσον πλέον έχουμε να μεταχειριστούμε έναν ήδη ταξινομημένο πίνακα και να εισάγουμε ένα νέο στοιχείο μέσα σ αυτόν, υπάρχει μία μέθοδος που προσαρμόζεται καλύτερα στην περίπτωσή μας. Η μέθοδος της εισαγωγής, η οποία λαμβάνει ένα στοιχείο και το τοποθετεί μέσα σε μια ήδη ταξινομημένη ακολουθία. Για την ταξινόμηση ενός ολόκληρου πίνακα η μέθοδος της εισαγωγής απλώς μεταχειρίζεται σταδιακά τα στοιχεία σαν να της δίνεται κάθε φορά ένα καινούριο στοιχείο και ένας ήδη ταξινομημένος πίνακας. Στην περίπτωσή μας σε κάθε εκτέλεση ο αλγόριθμος θα έχει να μεταχειριστεί ένα σετ στοιχείων και η τελική επιλογή των νικητών θα γίνεται με την τελευταία εκτέλεση που θα ταξινομεί και τον τελευταίο συμμετέχοντα που πρόλαβε να καταθέσει προσφορά. Για να εισάγει το στοιχείο στη σωστή του θέση ο αλγόριθμος θα πρέπει πρώτα να ανιχνεύει τη θέση αυτή. Στη συνέχεια θα πρέπει να δημιουργεί τον κατάλληλο χώρο σ αυτή τη θέση, κυλίνοντας όλα τα στοιχεία από αυτή τη θέση και μετά. Προκειμένου να μην χαθεί το νέο στοιχείο, του οποίου τη θέση θα λαμβάνει το προτελευταίο, θα πρέπει αυτό να τοποθετείται σε μία προσωρινή θέση μνήμης πριν την κύλιση. Στη συνέχεια θα μετακινείται από την βοηθητική μεταβλητή στην τελική του θέση.

**Διάγραμμα 5.3** Διάγραμμα ροής αλγορίθμου νέας προσφοράς.  
Αριστερά μέθοδος αντιμεταθέσεων, δεξιά μέθοδος εισαγωγής.



Πίνακας 5.1 Αναπαράσταση – σύγκριση μεθόδων. Αριστερά αντιμετάθεση, δεξιά εισαγωγή.

	5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.2	1.2	3.5		5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.2	1.2	3.5	
$i = 9$	5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.2	3.5	1.2		$i = 5$									temp = 3.5
$i = 8$	5	4.5	4	3.7	3	2.8	3.5	2.2	1.2		$j = 8$	5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.2	1.2	1.2
$i = 7$	5	4.5	4	3.7	3	3.5	2.8	2.2	1.2		$j = 7$	5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.2	2.2	1.2
$i = 6$	5	4.5	4	3.7	3.5	3	2.8	2.2	1.2		$j = 6$	5	4.5	4	3.7	3	2.8	2.8	2.2	1.2
											$j = 5$	5	4.5	4	3.7	3	3	2.8	2.2	1.2
											$j = 4$	5	4.5	4	3.7	3.5	3	2.8	2.2	1.2

## 5.2.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ 2 ΠΡΩΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ

Οι 2 αλγόριθμοι που παρουσιάστηκαν λειτουργούν για  $B \geq 3$ . Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει να προβλεφθεί η διαδικασία να ξεκινάει αφού έχουν εισαχθεί και ταξινομηθεί τα 2 πρώτα στοιχεία του πίνακα. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με κάποιο ξεχωριστό πρόγραμμα είτε περιλαμβάνοντας τις περιπτώσεις  $B = 1$  και  $B = 2$  σε έναν ενοποιημένο αλγόριθμο.

Στην περίπτωση ενός μόνο συμμετέχοντα τότε πρόκειται:

- είτε για την πρώτη συμμετοχή στη δημοπρασία
- είτε για την αναθεώρηση του πρώτου συμμετέχοντα προτού προλάβει να συμμετάσχει άλλος

Αν πρόκειται για την πρώτη προσφορά τότε πρέπει απλά να συμπληρωθεί η μεταβλητή αποδοχής ίση με 1, ενώ αν πρόκειται για αναθεώρηση δεν χρειάζεται να αλλάξει κάτι. Η απαίτηση μπορεί να απλουστευθεί αλγοριθμικά καταχωρώντας την μεταβλητή αποδοχής είτε πρόκειται για την πρώτη προσφορά είτε για αναθεώρηση.

Στην περίπτωση 2 συμμετεχόντων τότε πρόκειται:

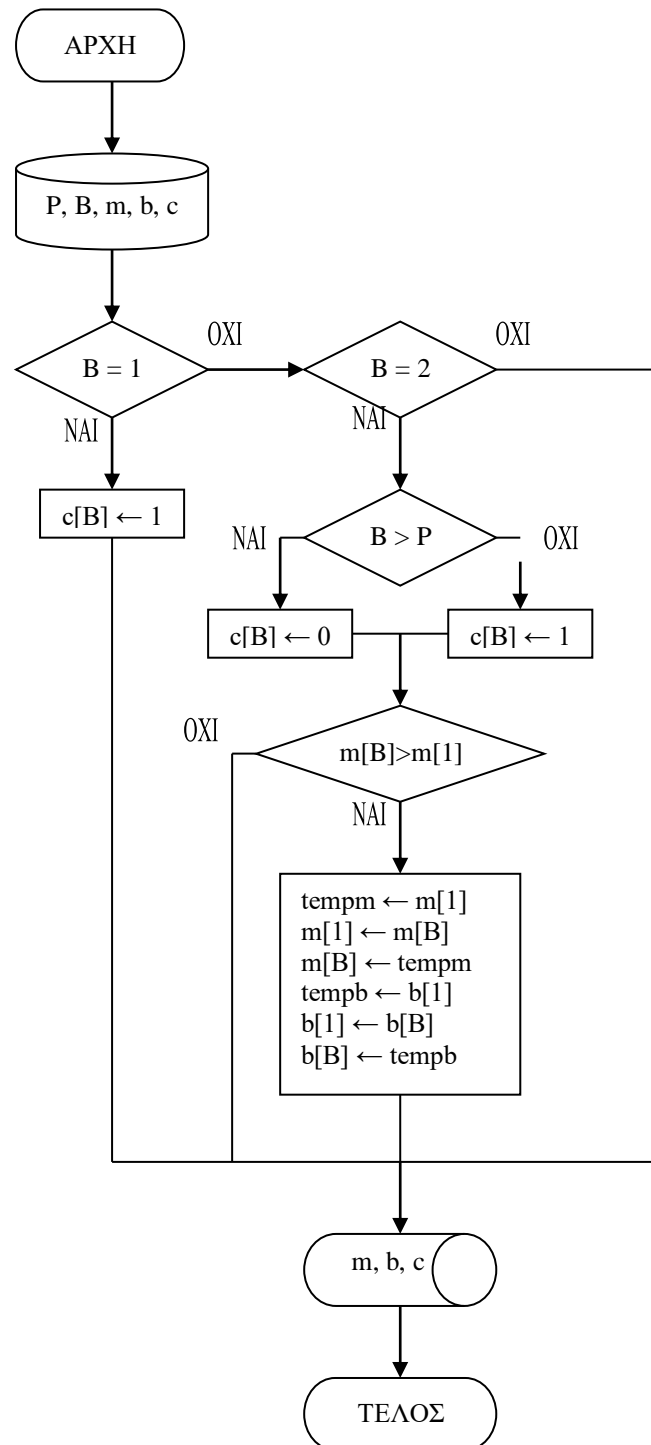
- είτε για αναθεώρηση του 1<sup>ου</sup> συμμετέχοντα
- είτε για αναθεώρηση του 2<sup>ου</sup> συμμετέχοντα
- είτε για την προσφορά του 2<sup>ου</sup> συμμετέχοντα

Στην πρώτη περίπτωση δεν χρειάζεται να γίνει κάποια ενέργεια.

Στην δεύτερη περίπτωση χρειάζεται να ελεγχθεί αν απαιτείται αντιμετάθεση των στοιχείων.

Στην τρίτη περίπτωση πρέπει να καταχωρηθεί η μεταβλητή αποδοχής και να ελεγχθεί αν απαιτείται αντιμετάθεση. Για την απλούστευση της διαδικασίας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ίδια μεταχείριση στη μεταβλητή αποδοχής καταχωρώντας την πάντα όπως κάναμε και προηγουμένως. Θα πρέπει όμως πρώτα να ελεγχθεί αν οι διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης είναι τουλάχιστον 2 και έπειτα η μεταβλητή να καταχωρηθεί αναλόγως. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνεται ο έλεγχος της αντιμετάθεσης. Η αντιμετάθεση είναι ανεξάρτητη από την καταχώρηση της μεταβλητής όπως έχει εξηγηθεί, επομένως δεν έχει σημασία ποια θα προηγείται.

Διάγραμμα 5.4 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου για τους 2 πρώτους συμμετέχοντες.



## 5.2.5 ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Ο συνολικός αλγόριθμος όλης της διαδικασίας παρουσιάζεται παρακάτω.

*Αλγόριθμος Ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο*

*Δεδομένα // P, B, m, b, c //*

*Αν B = 1 τότε*

*c[B] ← 1*

*Αλλιώς\_αν B = 2 τότε*

*Αν B > P τότε*

*c[B] ← 0*

*Αλλιώς*

*c[B] ← 1*

*Τέλος\_αν*

*Αν m[B] > m[1] τότε*

*tempm ← m[1]*

*m[1] ← m[B]*

*m[B] ← tempm*

*tempb ← b[1]*

*b[1] ← b[B]*

*b[B] ← tempb*

*Τέλος\_αν*

*Αλλιώς*

*i ← B-1*

*Όσο i > 1 και m[i] ≤ m[i-1] επανάλαβε*

*i ← i-1*

*Τέλος\_επανάληψης*

*Αν i > 1 τότε*

*Όσο i > 1 και m[i] > m[i-1] επανάλαβε*

*tempm ← m[i-1]*

*m[i-1] ← m[i]*

*m[i] ← tempm*

*tempb ← b[i-1]*

*b[i-1] ← b[i]*

*b[i] ← tempb*

*i ← i-1*

*Τέλος\_επανάληψης*

*Αλλιώς*

*Αν B > P τότε*

*c[B] ← 0*

*Αλλιώς*

*c[B] ← 1*

*Τέλος\_αν*



---

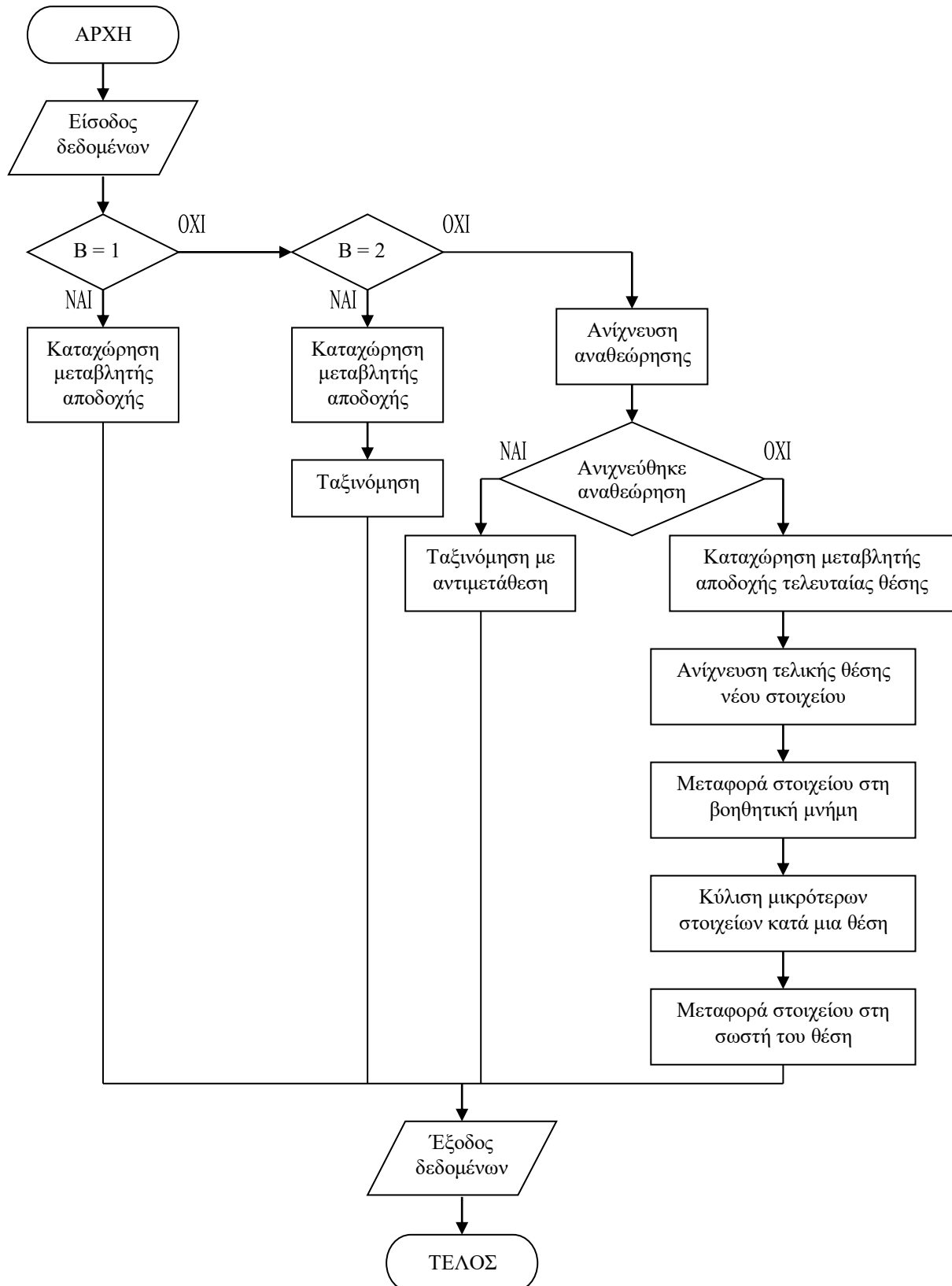
```

i ← B
Όσο m[i-1] < m[B] επανάλαβε
    i ← i-1
Τέλος_επανάληψης
Αν i < B τότε
    tempm ← m[B]
    tempb ← b[B]
    j ← B-1
    Όσο j ≥ i επανάλαβε
        m[j+1] ← m[j]
        b[j+1] ← b[j]
        j ← j-1
    Τέλος_επανάληψης
    m[i] ← tempm
    b[i] ← tempb
Τέλος_αν
Τέλος_αν
Τέλος_αν
Αποτελέσματα // m, b, c //
Τέλος Ανανέωση_ανά_νέο_δεδομένο

```

Για την ενοποίηση των αλγορίθμων ξεκινήσαμε χωρίζοντας τη διαδικασία σε 3 μέρη, ανάλογα τον αριθμό των συμμετεχόντων. Για την περίπτωση του ενός και των δύο συμμετεχόντων εφαρμόζεται η μέθοδος που παρουσιάστηκε. Στην περίπτωση των περισσότερων των 2 συμμετεχόντων εντάσσονται τα κομμάτια της αναθεώρησης και της νέας προσφοράς. Αρχικά διερευνάται η ύπαρξη αναθεώρησης. Αν ανιχνευθεί σε κάποια θέση αναθεώρηση τότε συνεχίζουμε με την μετακίνησή της στη σωστή θέση και η διαδικασία τερματίζει. Αν δεν ανιχνευθεί αναθεώρηση τότε συνεχίζουμε με τη διαδικασία για τις νέες προσφορές. Πρώτα καταχωρείται η μεταβλητή αποδοχής, έπειτα ανιχνεύεται η τελική θέση του νέου στοιχείου το οποίο τοποθετείται στην προσωρινή μνήμη, έπειτα κυλίνουν όλα τα μικρότερα στοιχεία κατά μια θέση και τέλος μετακινείται το στοιχείο από την προσωρινή μνήμη στη θέση που έχει αδειάσει.

Διάγραμμα 5.5 Διάγραμμα ροής ενοποίησης των αλγορίθμων.



### 5.2.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στην προηγούμενη προσέγγιση της μίας καθοριστικής εκτέλεσης, η ευστάθεια του αλγορίθμου λειτουργούσε υπέρ της αρχαιότητας των συμμετεχόντων για την περίπτωση ισοβαθμίας. Εφόσον η ταξινόμηση γινόταν μία φορά, σημασία είχε η τελευταία διαμορφωμένη κατάσταση. Έτσι αν κάποιος επέλεγε να αλλάξει την προσφορά του αυτή θα αντιμετωπιζόταν σαν να είχε εισαχθεί την στιγμή της αρχικής συμμετοχής του χρήστη. Στην νέα προσέγγιση, κάθε ταξινόμηση στο βήμα  $n$  δημιουργεί μια παλαιά κατάσταση στο βήμα  $n+1$ , δηλαδή στην επόμενη εκτέλεση. Η ευστάθεια του αλγορίθμου φροντίζει υπέρ του πλεονεκτήματος της παλαιάς κατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι πλέον έχει σημασία η απόλυτη σειρά κατάθεσης κάθε προσφοράς και όχι η σειρά της αρχικής συμμετοχής. Έτσι, για 2 συμμετέχοντες που θα ισοβαθμίσουν, θα βρεθεί σε καλύτερη θέση αυτός που κατέχει την αρχαιότερη τρέχουσα προσφορά, είτε είναι αναθεώρηση είτε νέα.

Η αντιμετώπιση της συνεχούς ανανέωσης με την επανεκτέλεση του αλγορίθμου επιλογής νικητών σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου ενδέχεται να ενέχει προβλήματα προγραμματιστικού χαρακτήρα που έχουν να κάνουν με την επάρκεια χρόνου μεταξύ 2 εκτελέσεων. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει πάντα να εξασφαλίζεται το απαραίτητο χρονικό διάστημα εκτέλεσης του προγράμματος μεταξύ της  $n$  και της  $n+1$  εκτέλεσης. Φυσικά ο χρόνος εκτέλεσης μιας τέτοιας σειράς εντολών είναι πολύ μικρός, αλλά θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να προβλέπεται πώς θα αντιμετωπίζει το πρόγραμμα την εισαγωγή σχεδόν ταυτόχρονων προσφορών. Ένα τέτοιο πρόβλημα θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί είτε με την φραγή εισαγωγής / αλλαγής προσφορών κατά την διάρκεια εκτέλεσης, είτε με την προσωρινή αποθήκευση των στοιχείων για μεταφορά τους στον πίνακα και εκτέλεση σε χρόνο μεταγενέστερο της περάτωσης της τρέχουσας εκτελέσεως, είτε με κάποιον άλλον τρόπο που ο εκάστοτε προγραμματιστής θα επιλέξει. Σε κάθε περίπτωση, όπως έχει προαναφερθεί, οι προτάσεις που παρουσιάζονται δεν είναι προγράμματα, αλλά εφαρμογές, η υλοποίηση των οποίων ενέχει περαιτέρω προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν από τον εκάστοτε προγραμματιστή.

### 5.3 ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

#### 5.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η μεταχείριση κάθε νέας προσφοράς / αλλαγής ως του μοναδικού στοιχείου προς ταξινόμηση είναι ένας διαφορετικός τρόπος προσέγγισης που παρουσιάσαμε παραπάνω, στον οποίο μας οδήγησε η ανάγκη για την συνεχή ανανέωση του αλγορίθμου. Ωστόσο είναι προφανές πως η ανανέωση θα μπορούσε επίσης να πραγματοποιείται απλά με την επανεκτέλεση του αλγορίθμου ανά κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα ορισμένο από τον πάροχο ή τον προγραμματιστή. Η συνολική διαδικασία σε μια τέτοια προσέγγιση θα ξεκινάει κατά τα γνωστά με την στιγμή ανοίγματος των προσφορών, θα συνεχίζει με την συνεχή επανεκτέλεση του αλγορίθμου ανά το επιλεγμένο χρονικό διάστημα και θα τερματίζει την στιγμή που έχει οριστεί η λήξη της δημοπρασίας, κατά την οποία θα εκτελείται και ο αλγόριθμος για την τελευταία καθοριστική φορά.

Η ανάγκη της επανεκτέλεσης ορίστηκε από την επιθυμία για πληροφόρηση των χρηστών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα πονταρίσματά τους. Εφόσον λοιπόν επιθυμούμε να προσεγγίσουμε την συνεχή πληροφόρηση, συμπεραίνουμε πως και ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών εκτελέσεων, που θα οδηγήσει σε νέα πιθανή ανατροφοδότηση ορισμένων χρηστών, θα πρέπει να είναι ικανός να επιτρέπει τον χαρακτηρισμό της ανατροφοδότησης ως συνεχούς. Αυτό σημαίνει πως το επιλεγμένο χρονικά διάστημα θα πρέπει να είναι σχετικά μικρό. Αναφέρουμε για την κατανόηση των μεγεθών πως ένας χρόνος ανανέωσης της τάξης του 1 s κρίνεται επαρκής για τον χαρακτηρισμό της διαδικασίας ως συνεχούς.

Συνεχίζοντας της προσέγγιση της ανανέωσης σταθερού χρόνου, θα πρέπει να καταλήξουμε στη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουμε για τη διαδοχική επιλογή νικητών. Όσον αφορά τον χρόνο καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως θα πρέπει να εξασφαλίζει την συνέχεια πληροφόρησης, δηλαδή να προσεγγίζει την στιγμή με ακρίβεια

δευτερολέπτου. Η επανεκτέλεση του αλγορίθμου σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα μας οδηγεί με ασφάλεια στο συμπέρασμα πως ακόμα και για επιχειρήσεις με πολύ μεγάλη χωρητικότητα και ζήτηση, στην πλειοψηφία των εκτελέσεων δεν θα παρατηρούνται βίαιες αλλαγές μεταξύ τρέχουσας και προγενέστερης κατάστασης και η νέα πληροφορία θα αποτελεί ένα μικρό μόνο μέρος σε σχέση με την ήδη ταξινομημένη. Αυτό σημαίνει πως ο αλγόριθμος ναι μεν δεν θα εξασφαλίζεται ότι θα έχει να μεταχειριστεί ένα μόνο σετ στοιχείων όπως στην προηγούμενη προσέγγιση, αλλά θα έχει σίγουρα να μεταχειριστεί κάθε φορά έναν μικρό μόνο αριθμό στοιχείων αναλογικά με τον τελικό αριθμό στοιχείων που θα προκύψουν.

Ο αλγόριθμός μας θα πρέπει να λαμβάνει ως είσοδο τα ταξινομημένα στοιχεία των προηγούμενων βημάτων και να ταξινομεί σ' αυτή τη λίστα τον μικρό αριθμό των νέων στοιχείων. Όπως εφαρμόσαμε και στην ανανέωση ανά κάθε νέο δεδομένο, μία μέθοδος τύπου εισαγωγής, που μεταχειρίζεται κάθε φορά ένα μόνο στοιχείο εισάγοντάς το σε έναν ήδη ταξινομημένο πίνακα, είναι αυτή που ανταποκρίνεται κατάλληλα σε περιπτώσεις ύπαρξης ταξινομημένης ήδη πληροφορίας. Το χαρακτηριστικό αυτό λοιπόν της μερικής ταξινόμησης του βήματος  $n+1$  στο βήμα  $n$  σε συνδυασμό με τον μικρό αριθμό νέας πληροφορίας του βήματος  $n+1$  που εξηγήθηκε παραπάνω οδηγεί στην επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου. Η διαφοροποίηση σε σχέση με την προηγούμενη προσέγγιση έγκειται στον αριθμό των νέων δεδομένων προς ταξινόμηση, δηλαδή στις φορές που θα πρέπει να επαναληφθούν συγκεκριμένες εντολές για να ταξινομηθούν όλα τα νέα στοιχεία. Συγκεκριμένα, σε κάθε εκτέλεση θα υφίσταται ένας αριθμός νέων / αναθεωρημένων προσφορών. Τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να ληφθούν βηματικά ένα-ένα και να εισαχθούν στα ήδη ταξινομημένα, όπως γινόταν και στην προηγούμενη προσέγγιση. Η περίπτωση αυτή δηλαδή ανάγεται σε μία εφαρμογή επανεκτέλεσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου, η οποία συμπτύσσει  $n$  διαδοχικές εκτελέσεις μίας προσφοράς την φορά σε μία εκτέλεση  $n$  καινούριων προσφορών, αυτών δηλαδή που εισήχθησαν κατά το επιλεγμένο χρονικό διάστημα ανανέωσης.

### 5.3.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Το κομμάτι των αναθεωρήσεων θα πρέπει να ταξινομεί αποδοτικά το μέρος του πίνακα που περιλαμβάνει τα παλαιά και τα αναθεωρημένα στοιχεία, δηλαδή τον πίνακα χωρίς τα νέα στοιχεία. Ορίζοντας ως  $B_{previous}$  τον αριθμό συμμετεχόντων της προηγούμενης εκτέλεσης, η πληροφορία που πρέπει να επεξεργαστεί στο κομμάτι αυτό μπορεί να οριστεί επίσης και ως ο πίνακας των πρώτων  $B_{previous}$  θέσεων.

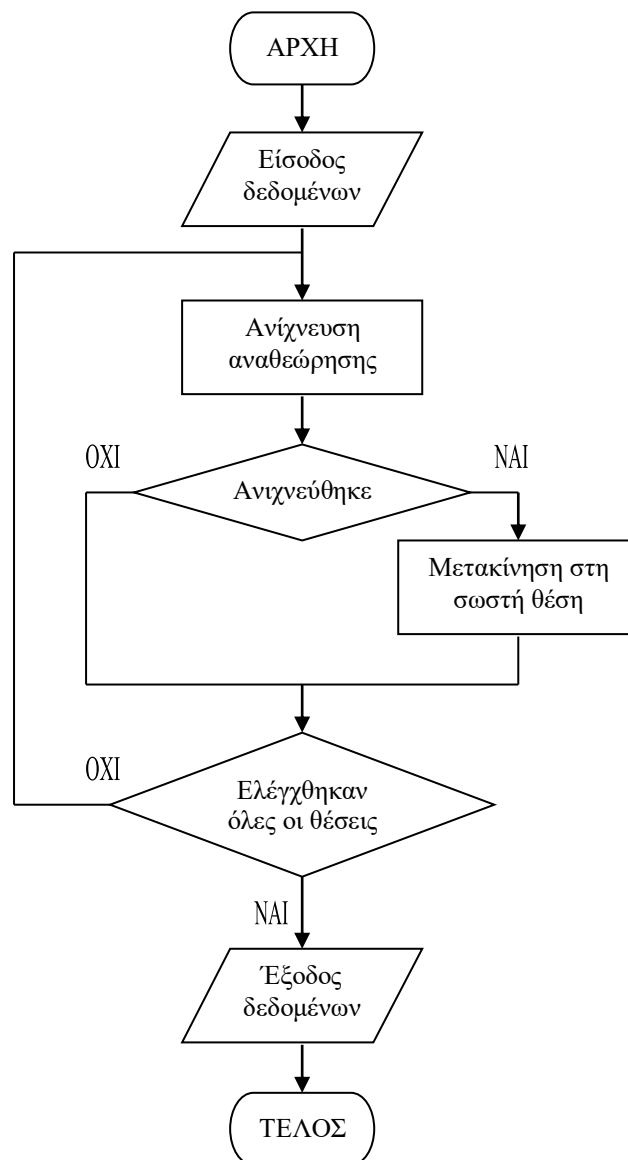
Στην ανανέωση ανά κάθε εισαγωγή δεδομένου γνωρίζουμε πως ο αριθμός των συμμετεχόντων μεταξύ 2 διαδοχικών εκτελέσεων είτε διέφερε κατά 1 αν επρόκειτο για νέα προσφορά, είτε ταυτιζόταν αν επρόκειτο για αναθεώρηση υπάρχουσας προσφοράς. Στην περίπτωση  $B - B_{previous} = 1$  ο αλγόριθμος έπρεπε να λειτουργεί για τις πρώτες  $B_{previous}$  θέσεις, ενώ στην περίπτωση  $B - B_{previous} = 0$  έπρεπε να λειτουργεί για όλες τις θέσεις. Για λόγους ευκολίας επιλέξαμε να λειτουργεί πάντα για τις πρώτες  $B - 1$  θέσεις και η τελευταία θέση να λαμβάνεται ως νέα προσφορά.

Στην τρέχουσα εφαρμογή δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πόσες θα είναι ή τουλάχιστον σε τι εύρος θα κινούνται οι νέες προσφορές, ώστε να μπορέσουμε να περιορίσουμε κατάλληλα και τις εξεταζόμενες θέσεις. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει με κάποιο τρόπο να συμπεριλάβουμε στο τρέχον βήμα την πληροφορία για τον αριθμό των συμμετεχόντων του προηγούμενου βήματος. Αυτό μπορεί να γίνει εισάγοντας έναν μετρητή  $PreviousB$ , με το καθήκον να αποθηκεύει στο τέλος κάθε εκτέλεσης τον τρέχοντα αριθμό συμμετεχόντων, ο οποίος θα εισάγεται στην επόμενη εκτέλεση ως προηγούμενος αριθμός συμμετεχόντων.

Εκτός από τον άγνωστο αριθμό νέων στοιχείων, άγνωστος είναι επίσης και ο αριθμός των αναθεωρήσεων. Αυτό σημαίνει πως η διαδικασία της εύρεσης και ταξινόμησης της αναθεώρησης θα πρέπει να εκτελείται επαναληπτικά μέχρι το πέρας ανιχνεύσεως πλεόνων αναθεωρήσεων. Σε αντίθεση με την προηγούμενη προσέγγιση, όπου ήμασταν σε θέση να γνωρίζουμε τότε ολοκληρώνεται η ανίχνευση, για την

αναζήτηση πολλαπλών αναθεωρήσεων δεν είμαστε σε θέση να εντοπίζουμε πότε ανιχνεύεται το τελευταίο στοιχείο ώστε να λήγει εκεί η ανίχνευση. Επομένως θα πρέπει πλέον να ελέγχονται όλες οι θέσεις μία-μία για την εύρεση αναθεώρησης. Σε περίπτωση εύρεσης, αυτή να μετακινείται στην σωστή της θέση και κατόπιν να συνεχίζεται η αναζήτηση μέχρι να σαρωθεί ολόκληρος ο πίνακας

**Διάγραμμα 5.6** Διάγραμμα ροής αναθεώρησης προσφορών.



Για την σάρωση του πίνακα πολύ σημαντικό ρόλο κατέχει και η φορά της. Στην προηγούμενη περίπτωση της μίας το πολύ αναθεώρησης, ένα στοιχείο χωρίζε τον πίνακα σε 2 επιμέρους ταξινομημένα μέρη μεταξύ των οποίων παρεμβалλόταν. Από όποια μεριά κι αν εκκινούσαμε την προσπέλαση των στοιχείων θα πέφταμε πάνω στο αναθεωρημένο και θα το στέλναμε είτε προς το επάνω μέρος είτε προς το κάτω. Στην περίπτωση ύπαρξης πλεόντων αναθεωρήσεων αντίθετα, κάθε ένα αναθεωρημένο στοιχείο που θα ανιχνεύεται θα χωρίζε τον πίνακα σε ένα ταξινομημένο μέρος (δηλαδή το μέρος από το οποίο ξεκίνησε η σάρωση και στο οποίο δεν υπάρχει κάποια άλλη αναθεώρηση) και σε ένα αταξινόμητο (δηλαδή το μέρος το οποίο δεν έχει ακόμα ελεγχθεί και ενδέχεται να περιέχει κι άλλες αναθεωρήσεις). Το τρέχον στοιχείο θα πρέπει να μπορεί να μετακινηθεί φυσικά μόνο προς το ταξινομημένο μέρος. Αυτό κατευθείαν συνεπάγεται πως είναι σημαντική η φορά μετακίνησης των στοιχείων και συγκεκριμένα πως πρέπει να είναι αντίθετη της φοράς σάρωσης ανίχνευσης. Προκειμένου να κρατήσουμε την φορά της ταξινόμησης, δηλαδή την εκκίνηση σάρωσης από την θέση 1, θα πρέπει στη συνέχεια η μετακίνηση των στοιχείων να γίνεται προς το πάνω μέρος του πίνακα, δηλαδή προς τις μικρότερες θέσεις ή αλλιώς προς τις μεγαλύτερες προσφορές, εφόσον η ταξινόμησή μας είναι φθίνουσα. Φυσικά η διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει εξίσου επιλέγοντας την αντίστροφη διαδρομή.

Η μετακίνηση ενός αναθεωρημένου στοιχείου στη σωστή του θέση συνεπάγεται την ταξινόμηση του επιμέρους πίνακα μέχρι και την θέση στην οποία βρισκόταν αρχικά το στοιχείο. Επομένως η σάρωση για την ανίχνευση δεν χρειάζεται να ξεκινάει κάθε φορά από την αρχή, αλλά αρκεί να συνεχίζει από την επόμενη θέση, ανεξαρτήτως της ανίχνευσης ή όχι αναθεώρησης, ούτως ώστε ο πίνακας να σαρώνεται τελικά μία πλήρη φορά.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αλγόριθμος για τις αναθεωρημένες προσφορές.

*Αλγόριθμος Αναθεώρηση\_ανά\_χρονικό\_διάστημα*  
*Δεδομένα // P, PreviousB, B, m, b, c //*  
*Για i από 1 μέχρι PreviousB-1*



---

```

Αν  $m[i] < m[i+1]$  τότε
     $j \leftarrow i$ 
    Όσο  $m[j] < m[j+1]$  και  $j \geq 1$ 
         $tempm \leftarrow m[j+1]$ 
         $m[j+1] \leftarrow m[j]$ 
         $m[j] \leftarrow tempm$ 
         $tempb \leftarrow b[j+1]$ 
         $b[j+1] \leftarrow b[j]$ 
         $b[j] \leftarrow tempb$ 
         $j \leftarrow j-1$ 
    Τέλος_επανάληψης
Τέλος_αν
Τέλος_επανάληψης
 $PreviousB \leftarrow B$ 
Αποτελέσματα //  $PreviousB, m, b, c$  //
Τέλος Αναθεώρηση_ανά_χρονικό_διάστημα

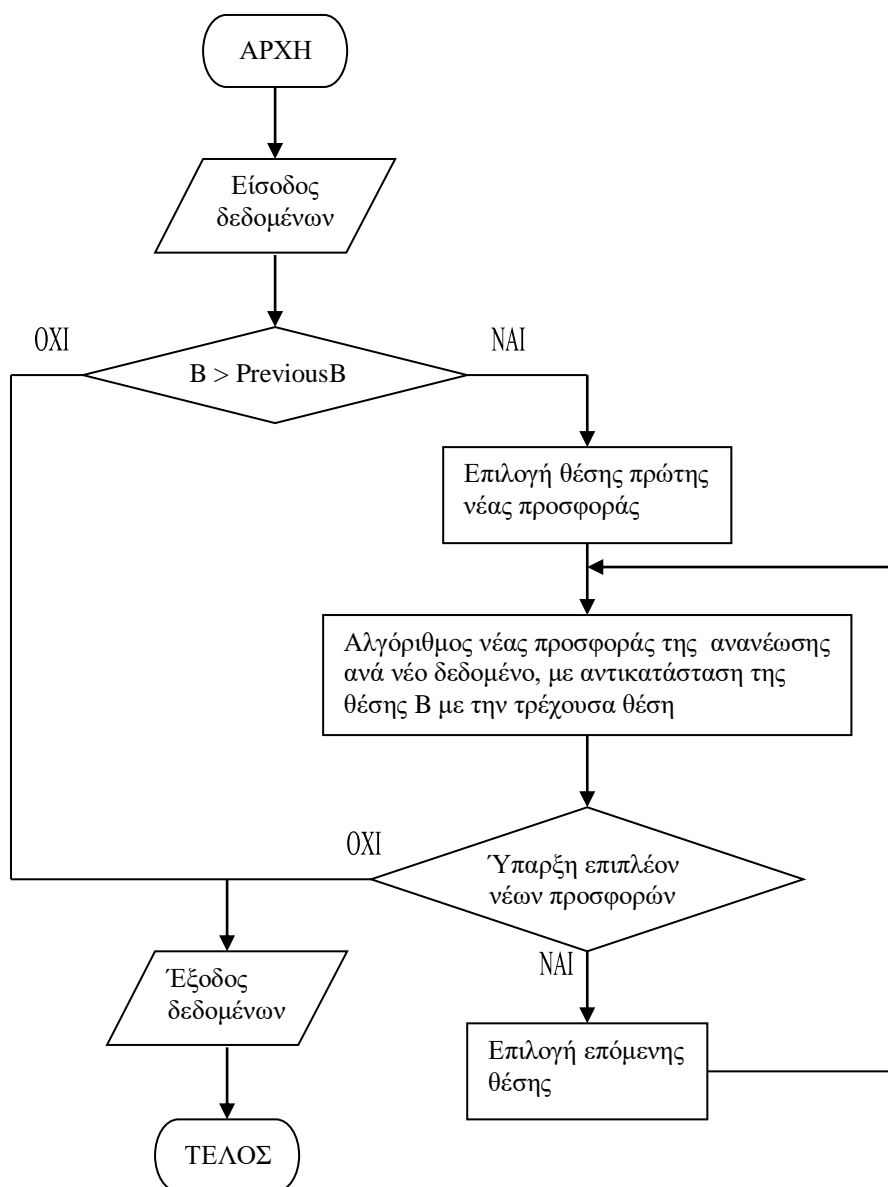
```

### 5.3.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΝΕΩΝ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Όπως για τις αναθεωρήσεις, έτσι και για τις νέες προσφορές δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων τον αριθμό τους. Όπως εξηγήσαμε θα χρησιμοποιήσουμε και πάλι μέθοδο εισαγωγής για την ταξινόμηση. Είσοδος θα είναι κάθε φορά το πλήθος τρεχόντων συμμετεχόντων, το πλήθος συμμετεχόντων της προηγούμενης εκτέλεσης, οι θέσεις στάθμευσης και ο πίνακας προσφορών, συμμετεχόντων και μεταβλητών αποδοχής. Όσον αφορά τον πίνακα, αυτός θα αποτελείται από ένα ταξινομημένο μέρος για τις πρώτες  $PreviousB$  θέσεις και ένα αταξινομητο μέρος με τις νέες προσφορές στις μεταγενέστερες θέσεις. Η μέθοδος θα λειτουργεί όπως στην περίπτωση της ανανέωσης σε κάθε νέο δεδομένο, λαμβάνοντας το πρώτο στοιχείο του αταξινομητου μέρους των νέων προσφορών ως το μοναδικό στοιχείο για ταξινόμηση. Στην συνέχεια, αφού καταχωρηθεί η μεταβλητή αποδοχής στην τρέχουσα θέση, εισάγεται το νέο στοιχείο στο ταξινομημένο μέρος και αυξάνεται το εύρος του. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται θεωρώντας το επόμενο νέο στοιχείο ως μοναδικό στοιχείο προς ταξινόμηση, το οποίο

εισάγεται στο νέο ταξινομημένο μέρος, και τερματίζει με την ολοκλήρωση του ελέγχου όλων των νέων στοιχείων.

**Διάγραμμα 5.7** Διάγραμμα ροής νέων προσφορών με αυτούσια χρήση του αντίστοιχου αλγορίθμου της ανανέωσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου.



Παρακάτω παρουσιάζεται ο αλγόριθμος για τις νέες προσφορές.

**Αλγόριθμος** Νέα\_προσφορά\_ανά\_χρονικό\_διάστημα

**Δεδομένα** //  $P, B, PreviousB, m, b, c$  //

$k \leftarrow PreviousB + 1$

**Όσο**  $k \leq B$

**Αν**  $k > P$  **τότε**

$c[k] \leftarrow 0$

**Αλλιώς**

$c[k] \leftarrow 1$

**Τέλος\_αν**

$i \leftarrow k$

**Όσο**  $m[i-1] < m[k]$  **και**  $i > 1$  **επανάλαβε**

$i \leftarrow i-1$

**Τέλος\_επανάληψης**

**Αν**  $i < k$  **τότε**

$tempm \leftarrow m[k]$

$tempb \leftarrow b[k]$

**Για**  $j$  **από**  $k-1$  **μέχρι**  $i$  **με βήμα**  $-1$

$m[j+1] \leftarrow m[j]$

$b[j+1] \leftarrow b[j]$

**Τέλος\_επανάληψης**

$m[i] \leftarrow tempm$

$b[i] \leftarrow tempb$

**Τέλος\_αν**

$k \leftarrow k+1$

**Τέλος\_επανάληψης**

$PreviousB \leftarrow B$

**Αποτελέσματα** //  $PreviousB, m, b, c$  //

**Τέλος** Νέα\_προσφορά\_ανά\_χρονικό\_διάστημα

Για την ευκολότερη κατανόηση της διαδικασίας αναφέρουμε ότι οι δείκτες θέσης που χρησιμοποιήσαμε αντιστοιχίζονται ως εξής:

- $k$  , θέσεις νέων στοιχείων προς ταξινόμηση
- $i$  , θέσεις ταξινομημένων στοιχείων προς έλεγχο σε σύγκριση με το  $k$
- $j$  , θέσεις στοιχείων προς κύλιση για την εισαγωγή του  $k$

#### 5.3.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ

Σε αντίθεση με όσα είδαμε στην ανανέωση σε κάθε εισαγωγή δεδομένου, όπου χρειαζόμασταν έναν αλγόριθμο για τις 2 πρώτες εκτελέσεις, στην περίπτωση της ανανέωσης ανά χρονικό διάστημα δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πόσες εκτελέσεις θα χρειαστούν για να συμπληρωθούν οι 2 πρώτες θέσεις συμμετεχόντων. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε κατά την πρώτη εκτέλεση, είτε κατά την δεύτερη, είτε μετά από πολλές εκτελέσεις. Ωστόσο εφόσον οι πρώτες εκτελέσεις αναγνωρίζονται βάσει του ελέγχου του  $B$ , πρακτικά δεν αλλάζει κάτι στον τρόπο εφαρμογής. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η ταυτοποίηση των πρώτων συμμετεχόντων και όχι σε ποια εκτέλεση θα συμβεί αυτό.

Η βασική διαφοροποίηση έγκειται στην διαθεσιμότητα του πλήθους των συμμετεχόντων  $PreviousB$  της τελευταίας εκτέλεσης, κάτι που δεν είχε εφαρμοστεί στην προηγούμενη προσέγγιση. Η απουσία της πληροφορίας αυτής μας οδήγησε στην μείωση του εύρους του πίνακα της αναθεώρησης κατά μία θέση και την μεταχείριση του τελευταίου στοιχείου πάντοτε ως νέου. Η αντιμετώπιση αυτή δημιουργούσε πρόβλημα στην εκτέλεση του 2<sup>ου</sup> συμμετέχοντα, καθώς το εύρος  $B-1$  του αλγορίθμου της αναθεώρησης ήταν μόλις 1 στοιχείο. Στην περίπτωση όπου επρόκειτο για νέο συμμετέχοντα ο αλγόριθμος θα λειτουργούσε σωστά, αλλά στην περίπτωση όπου επρόκειτο για αλλαγή προσφοράς δεν θα μπορούσε να εκτελεστεί το αντίστοιχο κομμάτι της αναθεώρησης. Για το λόγο αυτόν προσθέσαμε ξεχωριστά την ειδική περίπτωση των 2 συμμετεχόντων, ώστε να επιλύεται σωστά και αυτό το ενδεχόμενο. Με την επιπλέον πληροφόρηση που προσθέσαμε για τον προηγούμενο αριθμό προσφορών, δεν χρειάζεται πλέον η πρόβλεψη ξεχωριστής περίπτωσης  $B=2$ , καθώς το εύρος της αναθεώρησης είναι πάντα  $PreviousB$  και το αντίστοιχο κομμάτι του αλγορίθμου λειτουργεί για όλα τα  $B>1$ . Αυτό που χρειάζεται να προβλέψουμε όμως είναι η αρχικοποίηση του μετρητή  $PreviousB$ , ώστε όταν φτάσει η περίπτωση  $B>1$  να μπορεί να αντιμετωπιστεί όπως περιγράφηκε.

Εκτός των ενδεχομένων  $B=1$  και  $B>1$ , αυτή τη φορά υφίσταται και η δυνατότητα να μην υπάρχουν καθόλου προσφορές. Ανάλογα με τον χρόνο ανοίγματος της δημοπρασίας που επιλέγει ο εκάστοτε πάροχος, ενδέχεται και να χρειαστεί μεγάλος αναλογικά αριθμός εκτελέσεων μέχρι να παρουσιαστούν οι πρώτες προσφορές.

Συνοπτικά η επεξήγηση των ενδεχομένων για τις πρώτες εκτελέσεις:

- $B=0$  : Αρχικοποιείται η μεταβλητή *PreviousB* (επιλέγουμε για ευκολία να καταχωρείται εκ νέου κάθε φορά).
- $B=1$  : Ελέγχεται το *PreviousB*. Αν ισούται με 1 η διαδικασία τερματίζει, αν ισούται με 0 καταχωρείται η μεταβλητή αποδοχής.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αλγόριθμος για τις πρώτες εκτελέσεις.

**Αλγόριθμος** *Πρώτες\_εκτελέσεις*

*Δεδομένα* //  $P, B, PreviousB, m, b, c$  //

*Αν*  $B = 0$  *τότε*

$PreviousB \leftarrow 0$

*Αλλιώς\_αν*  $B = 1$  *τότε*

$c[B] \leftarrow 1$

$PreviousB \leftarrow 1$

*Τέλος\_αν*

*Αποτελέσματα* //  $PreviousB, m, b, c$  //

**Τέλος** *Πρώτες\_εκτελέσεις*

### 5.3.5 ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

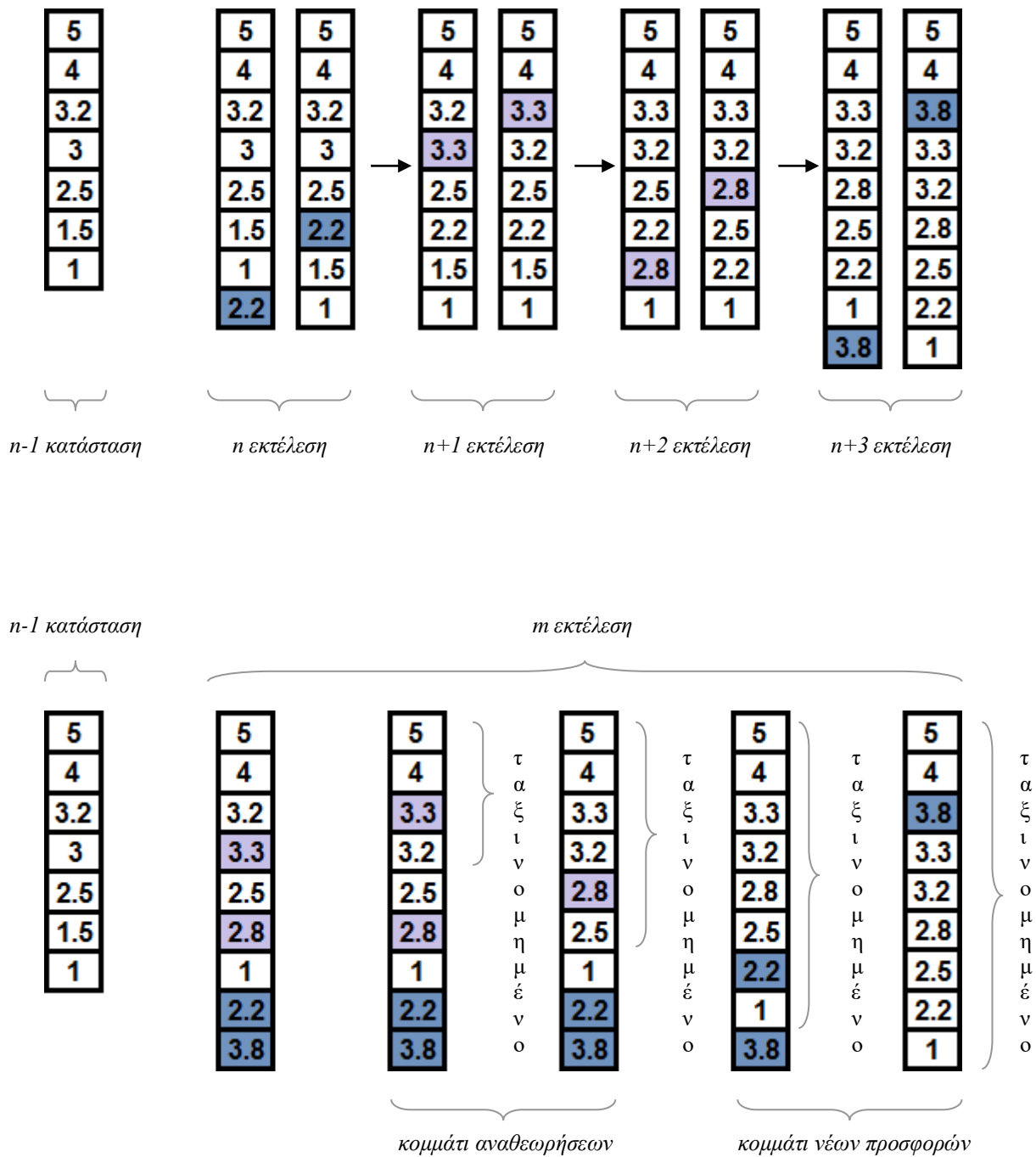
Η ενοποίηση του αλγορίθμου γίνεται τοποθετώντας σε σειρά της εντολές, ξεκινώντας από τον αλγόριθμο των πρώτων εκτελέσεων και συνεχίζοντας σε αυτόν των αναθεωρήσεων και των νέων προσφορών. Η αναθεώρηση και οι νέες προσφορές θα πρέπει να τοποθετηθούν εντός της συνθήκης  $B>1$  και η ανανέωση της μεταβλητής *PreviousB* να γίνεται μετά το πέρας των εντολών αυτών, εντός της συνθήκης.



**Πίνακας 5.2** Παράδειγμα σύγκρισης των 2 μεθόδων.

Πάνω: Ανανέωση σε κάθε είσοδο νέου δεδομένου, Κάτω: Ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.

Μωβ χρώμα: Αναθεωρημένες προσφορές, Μπλε χρώμα: Νέες προσφορές.



### 5.3.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Όπως και στην προηγούμενη προσέγγιση, έτσι και τώρα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται από το πρόγραμμα η σωστή λειτουργία της εισαγωγής δεδομένων κατά την ενδιάμεση κατάσταση της στιγμής εκτέλεσης του αλγορίθμου που παρουσιάστηκε. Επίσης, στην περίπτωση όπου κατά την πρώτη εκτέλεση υφίστανται κατευθείαν πάνω από 1 συμμετοχές, ο αλγόριθμος δεν έχει περάσει ακόμα από το στάδιο του  $B=0$  ή  $B=1$ , όπου αρχικοποιείται το *PreviousB*, με αποτέλεσμα την αδυναμία εύρεσης τιμής στην εντολή  $k \leftarrow \text{PreviousB} + 1$ . Επομένως θα πρέπει να εξασφαλίζεται από το πρόγραμμα είτε ότι η μεταβλητή *PreviousB* θα έχει οριστεί και μηδενιστεί πριν την πρώτη εκτέλεση, είτε ότι η πρώτη εκτέλεση θα γίνεται πάντα για  $B=0$ , είτε ότι το πρόγραμμα θα αναγνωρίζει τις κενές μεταβλητές ως μηδενικές, είτε κάποιος άλλος πρακτικός τρόπος αντιμετώπισης αυτού του ενδεχομένου.

Σύμφωνα με την ιδιότητα της ευστάθειας, όπως έχει αναφερθεί, σε περίπτωση ισοβαθμιών θα τοποθετείται ανώτερα ο χρήστης που βρισκόταν ανώτερα και στην τελευταία κατάσταση. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας δημιουργεί ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για την εφαρμογή που εξετάζουμε. Οι αναθεωρημένες προσφορές καταχωρούνται στην τρέχουσα θέση του συμμετέχοντα εντός του πίνακα, δηλαδή σύμφωνα με την αρχική χρονική σειρά συμμετοχής. Οι νέες συμμετοχές τοποθετούνται στο τέλος του πίνακα από την πιο παλιά προς την πιο πρόσφατη, δηλαδή σύμφωνα με την χρονική σειρά είτε της αρχικής συμμετοχής, είτε της τελευταίας καταχώρησης, αφού αυτές συμπίπτουν.

Στην περίπτωση μίας εκτέλεσης επομένως, μπορούμε να πούμε πως για όλες τις προσφορές ισχύει η αρχική συμμετοχή. Άρα το κριτήριο στις ισοβαθμίες θα είναι η αρχαιότητα της αρχικής συμμετοχής, δηλαδή ο μικρότερος  $a/a$  συμμετέχοντα,  $b_i$ . Κάθε παλιός χρήστης με την επανασυμμετοχή του θα ξαναποκτά και το αρχικό του πλεονέκτημα στις ισοβαθμίες έναντι οποιουδήποτε νεότερου.



Ωστόσο, εξετάζοντας την διαδικασία ευρύτερα, δηλαδή για το αποτέλεσμα που προκύπτει από τις διαδοχικές εκτελέσεις, διαπιστώνουμε πως αυτό διαφοροποιείται. Μία εκτέλεση στο βήμα  $n+1$  λαμβάνει μία έτοιμη κατάσταση από το βήμα  $n$ . Βάσει της ευστάθειας θα διατηρηθεί το κριτήριο της πρότερης κατάστασης. Άρα οι ισοβαθμούντες συμμετέχοντες θα καταταχθούν σύμφωνα με την θέση που είχαν στο βήμα  $n$ . Αυτό σημαίνει πως το κριτήριο ισοβαθμίας αλλάζει όχι μόνο ανάλογα την σχετική χρονική σειρά κατάθεσης προσφορών, αλλά και με την απόλυτη χρονική στιγμή κατάθεσης, καθώς και την στιγμή που θα συμπέσει η εκτέλεση του αλγορίθμου. Για την κατανόηση της διαφοροποίησης παρουσιάζεται το ακόλουθο μοντέλο.

Έστω 3 τυχαίοι συμμετέχοντες  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  που καταθέτουν 3 ίσες προσφορές τη χρονική στιγμή  $t_b$  με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

$$\begin{aligned}b_{\alpha} &< b_{\beta} < b_{\gamma} \\ t_{\alpha} &> t_{\beta} > t_{\gamma}\end{aligned}$$

Εξ' ορισμού οι προσφορές των  $\alpha$  και  $\beta$  θα πρέπει να είναι αναθεωρήσεις και για τον  $\gamma$  θεωρούμε ότι είναι νέα προσφορά. Η χρονική διαδοχή της κατάθεσης προσφορών αποκωδικοποιείται ως εξής:

- καταθέτει προσφορά ο  $\alpha$
- καταθέτει προσφορά ο  $\beta$
- καταθέτει προσφορά ο  $\gamma$  την στιγμή  $t_{\gamma}$
- αυξάνει προσφορά ο  $\beta$  την στιγμή  $t_{\beta}$
- αυξάνει προσφορά ο  $\alpha$  την στιγμή  $t_{\alpha}$

Ανάλογα σε ποια στιγμή θα συμπέσει χρονικά η εκτέλεση του αλγορίθμου διαφοροποιείται η έκβαση στην κατάταξη ισοβαθμιών. Έτσι αν οι 3 τελευταίες καταθέσεις προσφορών ταξινομηθούν σε:

- 3 διαφορετικά βήματα εκτελέσεων, η κατάταξη θα είναι:  $i_\gamma < i_\beta < i_\alpha$
- 1 εκτέλεση για  $\alpha, \beta, \gamma$ , η κατάταξη θα είναι:  $i_\alpha < i_\beta < i_\gamma$
- 1 εκτέλεση για  $\gamma, \beta$  και 1 για  $\alpha$ , η κατάταξη θα είναι:  $i_\beta < i_\gamma < i_\alpha$
- 1 εκτέλεση για  $\gamma$ , και 1 για  $\alpha, \beta$ , η κατάταξη θα είναι:  $i_\gamma < i_\alpha < i_\beta$

Φυσικά η διαφοροποίηση αυτή ισχύει για τις προσφορές που κατατίθενται σε πολύ κοντινά χρονικά σημεία, μικρότερα του χρόνου ανανέωσης. Επομένως γενικά στην διαδικασία θα ισχύει το πλεονέκτημα της αρχαιότερης τρέχουσας προσφοράς, δηλαδή η απόλυτη σειρά κατάθεσης προσφορών, ενώ στις εξαιρέσεις των σχεδόν ταυτόχρονων καταθέσεων προσφορών, θα ανακτά το πλεονέκτημα ο αρχαιότερος συμμετέχων, σύμφωνα με το κριτήριο αρχαιότητας της πρώτης συμμετοχής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΑΝΟΙΧΤΗ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ (ΠΛΗΡΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ)

### 6.1 Η ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΙΜΗΣ

Η διαδικασία που παρουσιάστηκε πληροφορεί τον χρήστη κατά την καταχώρηση της προσφοράς σχετικά με την αποδοχή ή απόρριψή της. Η προσέγγιση αυτή να μεν υλοποιεί την ανατροφοδότηση, αλλά αναγκάζει συχνά τους χρήστες, οι οποίοι δεν γνωρίζουν σε τι επίπεδο κυμαίνονται οι τρέχουσες προσφορές, να προβαίνουν σε δοκιμές μέχρι να πετύχουν την αποδοχή της προσφοράς τους και να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο απ' ότι ενδεχομένως θα επιθυμούσαν. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με μεγαλύτερη ελευθερία πληροφορίας, κοινοποιώντας κατευθείαν την κατώτερη τρέχουσα πλειοδοτική τιμή ή την ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για πλειοδοσία, προς την διευκόλυνση και την εξοικονόμηση χρόνου από μεριάς των ενδιαφερομένων. Στην περίπτωση αυτή η δημοπρασία χαρακτηρίζεται πλέον ως ανοιχτή.

Ως κατώτερη πλειοδοτική τιμή ορίζουμε την προσφορά του τελευταίου πλειοδότη, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή  $m_P$  όταν  $B > P$ . Ως απαιτούμενη τιμή για πλειοδοσία αντίστοιχα ορίζουμε την προσφορά που απαιτείται να καταθέσει ένας χρήστης για να βρεθεί εντός της ομάδας υπερθεματισμού. Την τιμή αυτή για ευκολία μπορούμε να αποκαλούμε και τιμή κατώφλι. Στις περισσότερες εφαρμογές συνηθίζεται να κοινοποιείται η τρέχουσα τιμή. Ωστόσο επειδή στην περίπτωσή μας έχουμε να κάνουμε με την δημοπράτηση πολλών αγαθών, η κατώτερη πλειοδοτική τιμή θα προκαλούσε σύγχυση μέχρι να συμπληρωθεί αριθμός συμμετεχόντων ίσων με τις θέσεις στάθμευσης. Συγκεκριμένα, για το διάστημα αυτό η κατώτερη πλειοδοτική τιμή θα ήταν ίση με την χαμηλότερη προσφορά, δηλαδή την προσφορά κάποιου συμμετέχοντα, ενώ η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή πλειοδοσίας θα ήταν ίση με την ελάχιστη αποδεκτή

προσφορά  $m^{\min}$  που έχει θέσει ο πάροχος. Για τον λόγο αυτόν κρίνεται καταλληλότερη η χρήση της τιμής κατώφλι, προκειμένου να γίνεται ευκολότερη και φιλικότερη προς τους χρήστες η διαδικασία.

Η κοινοποίηση της τιμής, εκτός από την διευκόλυνση, προσφέρει στους ενδιαφερόμενους και μεγαλύτερη σιγουριά σχετικά με το ποντάρισμά τους. Η γνώση ενός γενικού μέτρου σχετικά με το ύψος των προσφορών μπορεί να μεταφραστεί επίσης από την μεριά του χρήστη σε πιθανότητα νίκης ανάλογα με την προσφορά που θα επιλεγεί. Η πληροφορία αυτή βοηθά επίσης τους χρήστες να συμπεράνουν γρήγορα αν αξίζει να συμμετάσχουν στην δημοπρασία ή είναι προτιμότερο να αναζητήσουν μία εναλλακτική επιλογή στάθμευσης.

Θεωρώντας ως  $m_P$  την προσφορά του χρήστη που βρίσκεται στην θέση  $P$ , ορίζουμε ως  $m_{THRESHOLD}$  την τιμή κατώφλι για την οποία ισχύει:

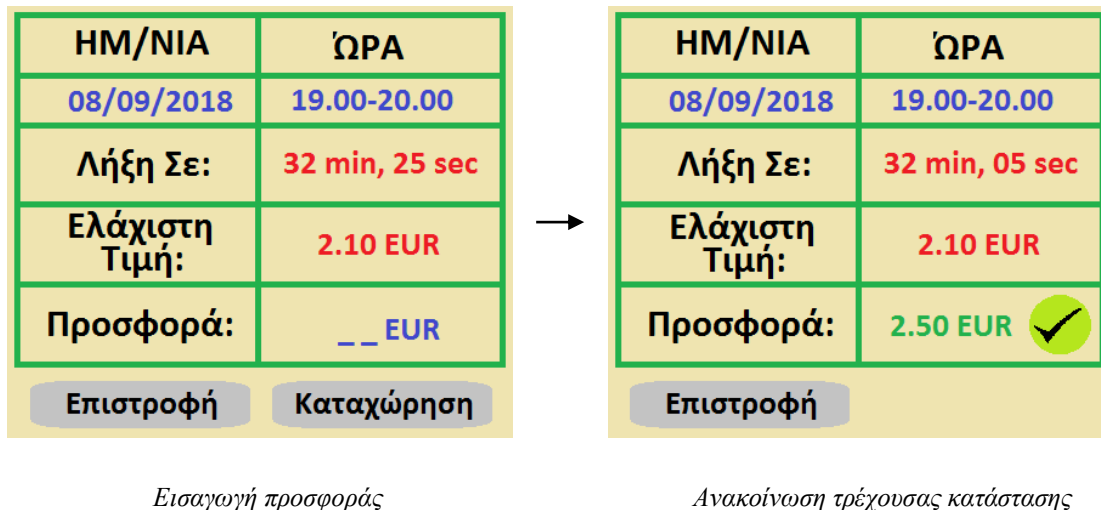
Αν  $B < P$  τότε οι συμμετέχοντες είναι λιγότεροι από τις θέσεις στάθμευσης και αρκεί η ελάχιστη προσφορά  $m^{\min}$  για να μπει κάποιος στην ομάδα υπερθεματισμού την τρέχουσα χρονική στιγμή.

Αν  $B \geq P$  τότε οι θέσεις στάθμευσης είναι συμπληρωμένες. Αν ένας χρήστης εισάγει την προσφορά  $m_P$  θα ισοβαθμίσει με τον χρήστη  $P$  και θα βρεθεί εκτός υπερθεματισμού λόγω του κριτηρίου του χρόνου συμμετοχής. Επομένως θα πρέπει να εισάγει την αμέσως μεγαλύτερη δυνατή προσφορά που μπορεί να αποδεχτεί ο πάροχος, η οποία είναι  $m_P + dm$ .

$$m_{THRESHOLD} = \begin{cases} m^{\min} & , \forall B < P \\ m_P + dm & , \forall B \geq P \end{cases}$$

Η τιμή κατώφλι ανανεώνεται συνεχώς και εμφανίζεται κατευθείαν στον χρήστη προτού εισάγει την προσφορά του μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία της δημοπρασίας. Αυτή είναι και η μόνη διαφοροποίηση στην πράξη σε σχέση με την προηγούμενη προσέγγιση. Είτε επιλεγεί η ανανέωση του αλγορίθμου για κάθε νέο δεδομένο είτε ανά σταθερό χρονικό διάστημα, το πρόγραμμα που θα παρεμβάλλεται μεταξύ αλγορίθμου και γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (GUI) θα πρέπει να συγκρατεί και να εμφανίζει κάθε φορά την τιμή  $m^{min}$  ή  $m_P + dm$  σύμφωνα με το κριτήριο της διαθεσιμότητας θέσεων.

*Εικόνα 6.1 Διαδικασία συμμετοχής στην ανοιχτή δημοπρασία σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.*



Σε ότι αφορά την επίλυση δεν αλλάζει κάτι σε σχέση με την προηγούμενη εφαρμογή. Η εισαγωγή των προσφορών ακολουθεί τον ίδιο τρόπο και τα στοιχεία προς επεξεργασία είναι ακριβώς τα ίδια. Η αλλαγή έγκειται σε προγραμματιστικό επίπεδο για την εμφάνιση της ελάχιστης απαιτούμενης τιμής για πλειοδοσία και στην επιρροή που αυτή έχει στη συμπεριφορά των συμμετεχόντων και στην κατανομή και τον αριθμό των πονταρισμάτων τους.

## 6.2 Ο ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ

Στην περίπτωση της ανοιχτής δημοπρασίας, εφόσον είναι γνωστή η τιμή κατώφλι, φαντάζει λογικό πολλοί χρήστες να αρκούνται κάθε φορά στην επιλογή της για την διεκδίκηση μιας θέσης. Η συμπεριφορά αυτή πηγάζει από μία συνηθισμένη στρατηγική η οποία αναφέρεται ως *bid shading*. Σύμφωνα με αυτήν, αν ένας συμμετέχων σε δημοπρασία κάνει μία προσφορά ίση με την προσωπικά εκτιμώμενη αξία του αγαθού, τότε δεν θα έχει κάποιο κέρδος αν κηρυχθεί υπερθεματιστής. Για να αποκτήσει ένα επιπλέον προσωπικό όφελος, θα πρέπει η προσφορά του να είναι χαμηλότερη από την αξία. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρεί να συμμετάσχει με μειωμένη πιθανότητα νίκης, αλλά με αυξημένο κέρδος. Η τακτική αυτή χρησιμοποιείται επίσης και ως προφύλαξη απέναντι στο φαινόμενο της κατάρας του νικητή (*winner's curse*). Σύμφωνα με αυτό, αν σε μια δημοπρασία συμμετέχει μία κανονική κατανομή ενδιαφερομένων που έχουν μία συγκεκριμένη αντίληψη για την αξία του αγαθού, ο νικητής θα είναι αυτός ο οποίος θα έχει την μεγαλύτερη εκτίμηση. Εφόσον αυτή η αντίληψη είναι η πιο ακραία στο δείγμα των συμμετεχόντων, στατιστικά θα είναι και λάθος, με αποτέλεσμα ο νικητής να πληρώνει περισσότερα από την πραγματική αξία του αγαθού. Ένας συμμετέχοντας που θέλει να προφυλαχτεί από αυτό το φαινόμενο θα φροντίσει να καταθέτει πιο μετριοπαθείς προσφορές σύμφωνα με την στρατηγική *bid shading*. Ο επιφυλακτικός αυτός μηχανισμός στην πράξη τελικά λειτουργεί είτε ενσυνείδητα, είτε ασυνείδητα και οδηγεί μία ομάδα ενδιαφερομένων στην προσπάθεια να κρατήσουν όσο πιο χαμηλά γίνεται τις προσφορές τους.

Το χαρακτηριστικό που εξετάστηκε παραπάνω, σε συνδυασμό με την γνώση της τρέχουσας τιμής, οδηγεί έναν μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων στο να επιλέγει κάθε φορά την αύξηση της τρέχουσας τιμής μόνο κατά το ελάχιστο αποδεκτό βήμα προσφοράς. Στη συνέχεια επαναλαμβάνει την ίδια τακτική αν βρεθεί εκτός υπερθεματισμού. Η στρατηγική αυτή στατιστικά επαληθεύεται πολύ συχνά στην πράξη, καθώς ένα σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού τείνει να την εκλαμβάνει ως βέλτιστη, θεωρώντας πως έτσι θα πετύχει χαμηλότερη τιμή και θα αυξήσει τις πιθανότητές του

για μεγαλύτερη διαφορά πληρωμής - εκτιμώμενης αξίας. Από την πλευρά του χρήστη αυτή η στρατηγική σημαίνει ότι θα χρειαστεί μάλλον να κάνει περισσότερες αναθεωρήσεις και άρα να αφιερώσει περισσότερο χρόνο στην όλη διαδικασία, καθώς έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να βγει εκτός υπερθεματισμού από τους επόμενους συμμετέχοντες. Το πιθανότερο είναι η ομάδα χρηστών που θα λειτουργήσει έτσι να επιδοθεί σε ένα ντόμινο διαδοχικών αυξήσεων, γνωστό ως πόλεμο προσφορών, όπου ο πρώτος χρήστης που απορρίπτεται αυξάνει το ποντάρισμά του κατά  $dm$  ή  $2dm$ , συνεχίζει ο δεύτερος κλπ μέχρι να ξανάρθει η σειρά του πρώτου. Η αύξηση κατά  $dm$  αντιστοιχεί στον χρήστη  $P+1$  όταν έχει το ίδιο ποντάρισμα με τον χρήστη  $P$  και η αύξηση κατά  $2dm$  όταν ο χρήστης  $P$  έχει ποντάρισμα  $m_{P+1} + dm$ .

**Πίνακας 6.1** Διαδικασία ανταγωνισμού χρηστών.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40
1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40
1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40
1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40
1.10	1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	1.10	1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30

Οι στήλες αντιπροσωπεύουν τα διαδοχικά βήματα. Η προτελευταία γραμμή αντιστοιχεί στη θέση  $P$  και η τελευταία στην θέση  $P+1$ . Με ίδιο χρώμα παρουσιάζονται τα πονταρίσματα από τον ίδιο χρήστη. Σε κάθε βήμα ο χρήστης στη θέση  $P+1$  αυξάνει το ποντάρισμά του για περάσει στην ομάδα υπερθεματισμού.

### 6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιλογή της τιμής κατώφλι από τους χρήστες σαφώς είναι μια στρατηγική με σκοπό την επιδίωξη χαμηλότερης τιμής και εκ πρώτης όψεως θα λέγαμε πως κρατάει το σύνολο προσφορών σε χαμηλότερο επίπεδο και άρα έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερα

κέρδη για τον πάροχο σε σχέση με την κλειστή δημοπρασία. Σε περίπτωση που ένας συμμετέχοντας επιλέξει ένα ποντάρισμα κοντά στην τιμή κατώφλι, χαμηλότερο από αυτό που προτίθεται να πληρώσει και τελικά νικήσει, τότε έχει βγει κερδισμένος συγκριτικά με την περίπτωση κλειστής δημοπρασίας, όπου ενδεχομένως να κατέθετε κατευθείαν την μέγιστη τιμή προσωπική του τιμή. Στην περίπτωση που αυτή η στρατηγική δεν λειτουργήσει, τότε θα αναγκαστεί να φτάσει το ποντάρισμά του μέχρι την μέγιστη προσωπική του τιμή. Από την άλλη, η ανακοίνωση της τιμής κατώφλι ταυτόχρονα εντείνει τον ανταγωνισμό σε μία μερίδα των χρηστών αυτών που επιδεικνύονται στον πόλεμο προσφορών, οι οποίοι τελικά καταλήγουν να πληρώνουν μεγαλύτερο αντίτιμο από αυτό που θα πλήρωναν στην κλειστή δημοπρασία. Η ανορθόδοξη συμπεριφορά εξαιτίας της ψυχολογικής παρόρμησης ορισμένων συμμετεχόντων είναι ένα φαινόμενο που περιγράφεται από την αρχαιότητα ως *calor licitantis* ή πυρετός δημοπρασιών. Ένας συμμετέχοντας που παρουσιάζει τη συμπεριφορά αυτή τείνει να ξεπερνά την προσωπικά εκτιμώμενη αξία του αγαθού προκειμένου να το αποκτήσει. Επομένως τελικά στην πράξη δεν προκύπτει ότι η μία η άλλη μέθοδος έχει καλύτερα ή χειρότερα οικονομικά αποτελέσματα. Θεωρητικά μάλιστα, σύμφωνα με την ισορροπία του Ναζ, οι δύο τύποι μπορούν να θεωρηθούν ισοδύναμοι υπό προϋποθέσεις, όπως η θεώρηση ότι οι θέσεις στάθμευσης έχουν κοινή αξία για τους συμμετέχοντες..



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΕΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

### 7.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η νέα αυτή παράμετρος που εισηγάγαμε στα τελευταία μοντέλα δεν επιφέρει κάποια ουσιαστική αλλαγή στην επίλυση που παρουσιάστηκε αρχικά. Η ανατροφοδότηση των συμμετεχόντων αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την μεγαλύτερη επιτυχία της δημοπράτησης. Ωστόσο η απόρριψη ενός πονταρίσματος μπορεί να προκύψει όχι μόνο κατά την τοποθέτησή του, αλλά οποιαδήποτε στιγμή μέχρι την τελική επιλογή των νικητών. Η συμμετοχή μέσω προοδευτικών προσφορών, δηλαδή η τακτική της χρήσης πολλαπλών αυξανόμενων πονταρισμάτων μέχρι και την μέγιστη επιθυμητή τιμή πληρωμής, είναι μία κυρίαρχη συμπεριφορά στις δημοπρασίες. Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η αναμονή μέχρι τη λήξη της δημοπρασίας για πιθανή αρνητική ανατροφοδότηση καθώς και η ανάγκη της εκ νέου εισαγωγής στο σύστημα και της χειροκίνητης συμμετοχής είναι συνθήκες όχι και τόσο βολικές για τους χρήστες, αλλά και ελαφρώς χρονοβόρες. Για τον λόγο αυτό προκύπτει πως θα ήταν πιο πρακτικό να μην χρειάζεται κάθε χρήστης να περιμένει μέχρι κάποιος άλλος να τον θέσει εκτός της ομάδας υπερθεματισμού για να συμμετάσχει εκ νέου με αναπροσαρμοσμένο ποντάρισμα, αλλά να δηλώνει εξ αρχής τη μέγιστη προσφορά που προτίθεται να καταθέσει και το σύστημα να ποντάρει αυτόματα γι αυτόν κάθε φορά που χάνει την θέση του στην νικητήρια ομάδα.

Το σύστημα αυτοματοποιημένου πονταρίσματος είναι ένα πολύ καλό εργαλείο εξοικονόμησης χρόνου για τους συμμετέχοντες καθώς δεν χρειάζεται να παρακολουθούν την εξέλιξη της δημοπρασίας, ούτε να ασχοληθούν ξανά με αυτήν σε περίπτωση που τεθούν εκτός της διεκδίκησης θέσης στάθμευσης, αφού έχουν δηλώσει ήδη το ύψος της τιμής μέχρι το οποίο ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν.

Η διαδικασία για τον χρήστη στην περίπτωση της μερικής πληροφόρησης ξεκινά με την εισχώρηση της αρχικής του προσφοράς και τελειώνει με την επιλογή του μέγιστου προσωπικού του πονταρίσματος, ενώ στην πλήρη πληροφόρηση, αυτή μπορεί να λειτουργεί εξίσου, είτε και με τα 2 είδη προσφορών, είτε μόνο με την μέγιστη προσφορά.

Στην χρήση εξίσου αρχικής και μέγιστης προσφοράς, ως αρχικό ποντάρισμα καταχωρείται κατευθείαν η τιμή που θα θέσει ο χρήστης. Βάσει αυτής θα πρέπει να ταξινομούνται αρχικά οι πίνακες, ώστε στην συνέχεια να εκτελεστούν τα αυτόματα πονταρίσματα, μέχρι το απαραίτητο επίπεδο τιμής για τον κάθε συμμετέχοντα.

Στην χρήση μόνο της μέγιστης προσφοράς, ως αρχικό ποντάρισμα καταχωρείται η τρέχουσα τιμή κατώφλι και η αρχική ταξινόμηση εφαρμόζεται βάσει αυτού. Ο μηχανισμός του αυτόματου πονταρίσματος, που θα εκτελείται στη συνέχεια, θα φροντίζει ώστε οι τρέχουσες προσφορές να αναθεωρούνται όποτε χρειάζεται ώστε να πετυχαίνεται η πλειοδοσία, μέχρι και την τιμή του μέγιστου πονταρίσματος, εξασφαλίζοντας παράλληλα ότι θα παραμένουν οι μικρότερες δυνατές.

Η εφαρμογή του αυτόματου πονταρίσματος φυσικά δεν αναιρεί την δυνατότητα εκ νέου συμμετοχής ενός χρήστη μετά την απόρριψη και της μέγιστης προσωπικής του προσφοράς. Ο χρήστης θα μπορεί να εισάγει εκ νέου μέγιστο ποντάρισμα, κατά τον ίδιο τρόπο με τον οποίο μπορούσε να αυξήσει την προσφορά του στις προηγούμενες προσεγγίσεις.

Στην νέα αυτή αντιμετώπιση, κάθε αυτόματο ποντάρισμα από την μεριά του συστήματος αποτελεί και έναν νέο γύρο. Εξ' ορισμού, είναι αδύνατον από έναν γύρο  $n$  να γίνει επιστροφή στην κατάσταση ενός γύρου  $n-1$ . Αυτό σημαίνει πως πλέον δεν είναι απλώς προτιμότερη η αφαίρεση της δυνατότητας ακύρωσης και μείωσης πονταρίσματος αλλά απαραίτητη. Κάθε εισαγωγή αρχικής και μέγιστης προσφοράς στο σύστημα είναι δεσμευτική για τον συμμετέχοντα.

Εικόνα 7.1 Βήματα συμμετοχής στη δημοπρασία μέσω γραφικού περιβάλλοντος.

**Μερική Ανατροφοδότηση**

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 25 sec
Αρχική Προσφορά:	-- EUR
Μέγιστη Προσφορά:	-- EUR

Επιστροφή    Καταχώρηση

Βήμα 1: Εισαγωγή ημ/νίας

Βήμα 2: Επιλογή ώρας και μετάβαση στην  
φόρμα εισαγωγής προσφοράς**Πλήρης Ανατροφοδότηση**

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 25 sec
Τρέχουσα Τιμή:	2.10 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	-- EUR

Επιστροφή    Καταχώρηση

Βήμα 1: Εισαγωγή ημ/νίας

Βήμα 2: Επιλογή ώρας και μετάβαση στην  
φόρμα εισαγωγής προσφοράς

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 09 sec
Αρχική Προσφορά:	1.20 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR

Επιστροφή    Καταχώρηση

Βήμα 3: Καταχώρηση προσφορών

ΗΜ/ΝΙΑ	ΏΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 09 sec
Τρέχουσα Τιμή:	2.10 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR

Επιστροφή    Καταχώρηση

Βήμα 3: Καταχώρηση προσφορών

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 00 sec
Τρέχουσα Προσφορά:	2.10 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR
Κατάσταση	 Είστε πλειοδότης
Επιστροφή	

Βήμα 4: Το σύστημα αυξάνει την τρέχουσα προσφορά μέχρι να γίνει πλειοδοτική και ανακοινώνει το τρέχον αποτέλεσμα

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 00 sec
Τρέχουσα Τιμή:	2.10 EUR 
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR
Επιστροφή	

Βήμα 4: Ανακοίνωση τρέχουσας κατάστασης

## 7.2 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ

Το πρόβλημα της υλοποίησης του αλγορίθμου της αυτοματοποιημένης κατάθεσης προσφορών έγκειται στην αποκωδικοποίηση και την λογική εξήγηση της διαδικασίας.

Νωρίτερα ορίσαμε ως:

$m_i$  το τρέχον ποντάρισμα του συμμετέχοντα  $b_i$

$dm$  το ελάχιστο βήμα αύξησης πονταρισμάτων

Ορίζουμε ως:

$m_i^{\max}$  το μέγιστο ποντάρισμα του συμμετέχοντα  $b_i$

$m_p$  το τρέχον ποντάρισμα του συμμετέχοντα  $b_p$ , ή κατώτερη πλειοδοτική τιμή

Ξεκινώντας την επίλυση του προβλήματος με το ίδιο τρόπο όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, αρχικά βρισκόμαστε με τον πίνακα των συμμετεχόντων, των αντίστοιχών τους τρεχόντων πονταρισμάτων, αλλά και τον νέο πίνακα των μεγίστων πονταρισμάτων. Προτού προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε επεξεργασία των στοιχείων, θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι όλα τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας θα είναι αξιοποιήσιμα από έναν αλγόριθμο. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει όλα τα στοιχεία να είναι σωστά συμπληρωμένα από το πρόγραμμα που αναλαμβάνει την μεταφορά και αποθήκευση των δεδομένων σε μορφή πινάκων.

- *Χρήση μόνο μέγιστης προσφοράς:* Όπως αναφέραμε, ως αρχική προσφορά θα καταχωρείται αυτόματα η εκάστοτε τιμή κατώφλι. Για όλες τις νέες προσφορές δηλαδή μεταξύ 2 εκτελέσεων θα ισχύει:

$$m_i = m_{THRESHOLD} = \begin{cases} m^{\min} & , \quad \forall B < P \\ m_P + dm & , \quad \forall B \geq P \end{cases}$$

- *Χρήση αρχικής και μέγιστης προσφοράς:* Στην περίπτωση των χρηστών που έχουν επιλέξει να συμμετάσχουν μόνο με αρχική προσφορά, το πεδίο της μέγιστης προσφοράς είναι κενό. Κρίνεται απαραίτητη η παραμετροποίηση αυτής της πληροφορίας μέσω της καταχώρησης μίας αριθμητικής τιμής ώστε να είναι εφικτή η αξιοποίηση της από τα επόμενα βήματα του αλγορίθμου. Μπορούμε να πούμε πως για έναν χρήστη χωρίς μέγιστο ποντάρισμα, το μεγαλύτερό του ποντάρισμα θα είναι ίσο και με το αρχικό του. Επομένως οι κενές θέσεις στον πίνακα των μεγίστων πονταρισμάτων θα πρέπει να συμπληρώνονται αυτόματα με τα αντίστοιχα αρχικά πονταρίσματα για τους συγκεκριμένους συμμετέχοντες. Δηλαδή:

$$m_i^{\max} = m_i$$

Μετά την συμπλήρωση λοιπόν των πινάκων συνεχίζουμε με ταξινόμηση όπως και στην αρχική μας επίλυση. Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως μετά την κατάταξη σε φθίνουσα σειρά τρεχόντων πονταρισμάτων θα πρέπει να ξεκινήσει να λειτουργεί ο μηχανισμός του αυτόματου πονταρίσματος για να προκύψει η επόμενη κατάταξη των νικητών. Η υλοποίηση του μηχανισμού δεν είναι μονοσήμαντη αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί με περισσότερους τρόπους. Αυτό που έχει σημασία είναι το μοντέλο που θα επιλεγεί να διέπεται από λογική, απλότητα και συντομία.

Υπενθυμίζεται πως:

- Στην περίπτωση όπου  $B \leq P$  η διαδικασία θα πρέπει να λήγει πρόωρα και όλοι οι συμμετέχοντες να ορίζονται νικητές.
- Στην περίπτωση όπου  $B > P$  θα λειτουργεί το αυτόματο ποντάρισμα.

Εφόσον λοιπόν ταυτοποιηθεί η ανάγκη για την εκκίνηση του αυτόματου πονταρίσματος, οι συμμετέχοντες που επιτρέπεται θα πρέπει να ξεκινήσουν να ανεβάζουν τις προσφορές τους μέχρι να γίνουν πλειοδότες ή μέχρι να φτάσουν το προσωπικό τους μέγιστο ποντάρισμα. Αυτό θα πρέπει να γίνεται κάθε φορά σύμφωνα με την τιμή κατώφλι όπως αναφέρθηκε. Οι συμμετέχοντες που βρίσκονται στις πρώτες  $P$  θέσεις βρίσκονται ήδη εντός τις πλειοδοτικής ομάδας και δεν χρειάζεται προς το παρόν να κάνουν κάποια ενέργεια. Οι συμμετέχοντες που πρέπει να διαγωνιστούν αρχικά είναι αυτοί που βρίσκονται κάτω από την θέση  $P$ . Η αύξηση των προσφορών θα πρέπει να ξεκινάει από κάτω προς τα πάνω, δηλαδή από τους συμμετέχοντες με την χαμηλότερη προσφορά και σε περίπτωση ίσων προσφορών με τους μεταγενέστερους χρονικά.

Προσεγγίζοντας τη διαδικασία λοιπόν ως ανάλογο της χειροκίνητης στην ανοιχτή δημοπρασία, θα έπρεπε κάθε φορά να βρίσκεται η χαμηλότερη θέση συμμετέχοντα με δυνατότητα αύξησης, να αυξάνεται η προσφορά του σύμφωνα με την τιμή κατώφλι κατά την ελάχιστη επιτρεπτή τιμή και να μετακινείται στη σωστή της θέση, ανανεώνοντας ταυτόχρονα την τιμή κατώφλι. Ωστόσο, ταξινομώντας κάθε φορά

τον πίνακα μετά από κάθε αύξηση προσφοράς, εκτός από τον μεγάλο αριθμό περιπτώσεων ταξινομήσεων που εκτελούνται, προκύπτει ακόμα ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό. Η ευστάθεια του αλγορίθμου όπως εξηγήσαμε διατηρεί την αρχική σειρά της ακολουθίας για τους συμμετέχοντες με ίσες προσφορές. Η ιδιότητα αυτή καθίσταται μη αξιοποιήσιμη για τον εξής λόγο. Δύο συμμετέχοντες  $\alpha$  και  $\beta$  με περιθώριο αύξησης που βρίσκονται στις θέσεις  $i$  και  $i+1$  αντίστοιχα, θα αυξήσουν τις προσφορές τους ξεκινώντας με τον συμμετέχοντα  $\beta$  στην θέση  $i+1$ . Αυτός θα μετακινηθεί εντός της ομάδας υπερθεματισμού και θα βρίσκεται πλέον σε υψηλότερη θέση από τον  $\alpha$ . Η τιμή κατώφλι θα ανανεωθεί. Ωστόσο στην περίπτωση όπου οι χρήστες στις θέσεις  $P$  και  $P+1$  ισοβαθμούσαν, η τιμή της θα παραμείνει ίδια. Λόγω της ευστάθειας του αλγορίθμου, στο επόμενο βήμα που θα αυξήσει την προσφορά του ο  $\alpha$ , θα βρεθεί να ισοβαθμεί με τον  $\beta$ , αλλά να βρίσκεται πλέον από κάτω του, παρότι θα έπρεπε να συμβαίνει το αντίθετο. Επομένως, για να εκτελείται η ταξινόμηση κατευθείαν μετά από κάθε αύξηση, θα πρέπει είτε αυτή να γίνεται με κριτήριο το  $b_i$  στις ισοβαθμίες, είτε η αύξηση να ακολουθεί την φθίνουσα σειρά θέσεων η οποία θα μετατρέπεται σε αύξουσα όταν συναντάται ομάδα ίσων προσφορών. Διαφορετικά θα πρέπει να βρεθεί κάποιο άλλο χρονικό σημείο για την ταξινόμηση περισσότερων πλέον στοιχείων, κατά το οποίο θα εξασφαλίζεται η σωστή αξιοποίηση της ευστάθειας.

Η χειροκίνητη αύξηση των προσφορών, όπως έχει οριστεί, εφαρμόζεται σύμφωνα με την τιμή κατώφλι. Η τιμή αυτή ισχύει για κάθε παλιό και νέο χρήστη. Ένας παλιός χρήστης που εκτοπιστεί από την ομάδα υπερθεματισμού, όταν αναθεωρήσει την προσφορά του θα έχει χάσει το πλεονέκτημα του καταχωρημένου του αριθμού συμμετέχοντα ως κριτήριο ισοβαθμίας. Η αναθεωρημένη του προσφορά θα είναι κατώτερη από κάθε προγενέστερη ισόβαθμη προσφορά. Για τον λόγο αυτό πρέπει να εισάγει την τιμή κατώφλι  $m_P + dm$  όπως ο νέος χρήστης. Ωστόσο, κατά την επίλυση του αυτόματου πονταρίσματος, αν ένας προγενέστερος χρήστης εκτοπιστεί από έναν μεταγενέστερο, θα του αρκούσε και η κατώτερη πλειοδοτική τιμή  $m_P$  για να βρεθεί πάλι εντός των νικητών, καθώς στην ισοβαθμία θα υπερτερούσε λόγω αρχαιότητας.

Συνοπτικά οι αναθεωρήσεις προσφορών ανά περίπτωση:

- $m_i \leftarrow m_i$  , αν  $B \leq P$
- $m_i \leftarrow m_i^{\max}$  , αν  $B > P$  και  $m_i^{\max} < m_p + dm$
- $m_i \leftarrow m_p + dm$  , αν  $B > P$  και  $b_i < b_p$   $m_i^{\max} \geq m_p + dm$
- $m_i \leftarrow m_p$  , αν  $B > P$  και  $b_i > b_p$   $m_i^{\max} \geq m_p$

Και τα αντίστοιχα βήματα αύξησης:

- 0 , αν  $B \leq P$
- $m_i^{\max} - m_i$  , αν  $B > P$  και  $m_i^{\max} < m_p + dm$
- $m_p + dm - m_i$  , αν  $B > P$  και  $b_i < b_p$   $m_i^{\max} \geq m_p + dm$
- $m_p - m_i$  , αν  $B > P$  και  $b_i > b_p$   $m_i^{\max} \geq m_p$

Γίνεται αντιληπτό πως θα ήταν προτιμότερο να αναζητηθεί ένας πιο συμπτυγμένος τρόπος επίλυσης που να διατηρεί τη βασική λογική του χειροκίνητου πονταρίσματος αλλά να επιλύει συντομότερα και αποτελεσματικότερα τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Η αύξηση των προσφορών δεν είναι ανάγκη να γίνεται μία μία. Θα μπορούσε να πραγματοποιείται σε ένα βήμα για όλες τις θέσεις από  $B$  μέχρι  $P+1$  που μπορούν να αυξήσουν την προσφορά τους και στη συνέχεια να γίνεται η ταξινόμηση. Το βήμα αυτό θα επαναλαμβάνεται μέχρι να μην μπορεί κανένας συμμετέχων από τη θέση  $P+1$  και κάτω να αυξήσει την προσφορά του, οπότε και θα έχει συμπληρωθεί η ομάδα νικητών. Με τον τρόπο αυτό θα συμπτυχθεί η διαδικασία αλλά θα παραμείνει το πρόβλημα της ευστάθειας. Ο συμμετέχων που στο βήμα  $n$  βρίσκεται στη θέση  $P$ , κατά το βήμα  $n+1$  θα βρεθεί εκτός υπερθεματισμού και θα αναγκαστεί να αυξήσει την προσφορά του. Στο βήμα  $n+2$  θα βρεθεί να ισοβαθμεί με αυτούς που τον είχαν περάσει τοποθετημένος όμως στην τελευταία θέση της ισοβαθμίας, ενώ θα έπρεπε να βρίσκεται σε υψηλότερη.



Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως για να λειτουργεί σωστά η ευστάθεια, θα πρέπει τα παραπάνω βήματα να συμπτυχθούν σε ένα. Δηλαδή το κάθε βήμα να περιλαμβάνει και τους συμμετέχοντες με προσφορά  $m_P$  σε υψηλότερες θέσεις από την  $P+1$ , ώστε να μην διακόπτεται η σειρά τους μετά την ταξινόμηση.

Όσον αφορά τα πολλαπλά σενάρια αύξησης, αν φροντίζαμε ώστε όσοι βρίσκονται εκτός υπερθεματισμού και τους επιτρέπεται, να εξισώσουν την προσφορά τους με  $m_P$ , τότε μετά την ταξινόμησή τους θα έχουμε δομήσει τα δεδομένα μας με τέτοιο τρόπο, ώστε στην συνέχεια να αυξάνουμε όλες τις προσφορές μόνο κατά  $dm$ . Μ' αυτό τον τρόπο θα έχουμε συμπτύξει 3 σενάρια αύξησης σε ένα.

### 7.3 1<sup>ο</sup> ΜΕΡΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ: ΓΡΗΓΟΡΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ

Ξεκινάμε ορίζοντας έναν μετρητή θέσης  $j$  ο οποίος θα αντιστοιχεί στην ζώνη διεκδίκησης, δηλαδή στο εύρος των θέσεων οι οποίες περιέχουν πιθανούς νικητές των οποίων τα μέγιστα πονταρίσματα θα πρέπει να ελεγχθούν στην συνέχεια. Το εύρος αυτό ξεκινάει από την θέση  $i = 1$  και τελειώνει στην θέση  $i = j$ . Οι συμμετέχοντες που βρίσκονται κάτω από αυτή την θέση είναι αυτοί που είναι σίγουρο πως με τα αρχικά και μέγιστα πονταρίσματα που έχουν δώσει δεν μπορούν να βγουν νικητές και έχουν αποκλειστεί από την διαδικασία. Υπενθυμίζουμε πως στον αριθμό των  $j$  αυτών συμμετεχόντων πρέπει να μοιραστούν  $P$  θέσεις στάθμευσης.

Αρχικοποιούμε τον μετρητή θέτοντας ως:

$$j = P$$

Στην συνέχεια ο μετρητής αυτός θα αυξηθεί για κάθε συμμετέχοντα που εισέρχεται στη ζώνη διεκδίκησης, δηλαδή για κάθε συμμετέχοντα που το μέγιστο

ποντάρισμά του είναι μεγαλύτερο από το τρέχον ποντάρισμα στη θέση  $P$  και επομένως έχει περιθώριο να ανεβάσει την προσφορά του και να κερδίσει.

Στην φθίνουσα σειρά πονταρισμάτων επιλέγουμε το αρχικό ποντάρισμα  $m_P$  του χρήστη που βρίσκεται στη θέση  $P$ , δηλαδή στην τελευταία θέση που κερδίζει θέση στάθμευσης. Ελέγχουμε τα μέγιστα πονταρίσματα  $m_i^{\max}$  όλων των χρηστών που βρίσκονται κάτω από αυτή την θέση, δηλαδή για  $i = P+1$  μέχρι  $i = B$ .

Συνοπτικά η διαδικασία παρουσιάζεται ως εξής:

Θέτουμε  $j = P$

και  $i = P+1$

Όσο  $i \leq B$  τότε:

Αν  $m_i^{\max} \geq m_P$ , αντικαθιστούμε το  $m_i$  με  $m_P$

αυξάνουμε τον δείκτη  $j$  κατά 1 :  $j = j + 1$

Αν  $m_i^{\max} < m_P$ , αντικαθιστούμε το  $m_i$  με  $m_i^{\max}$

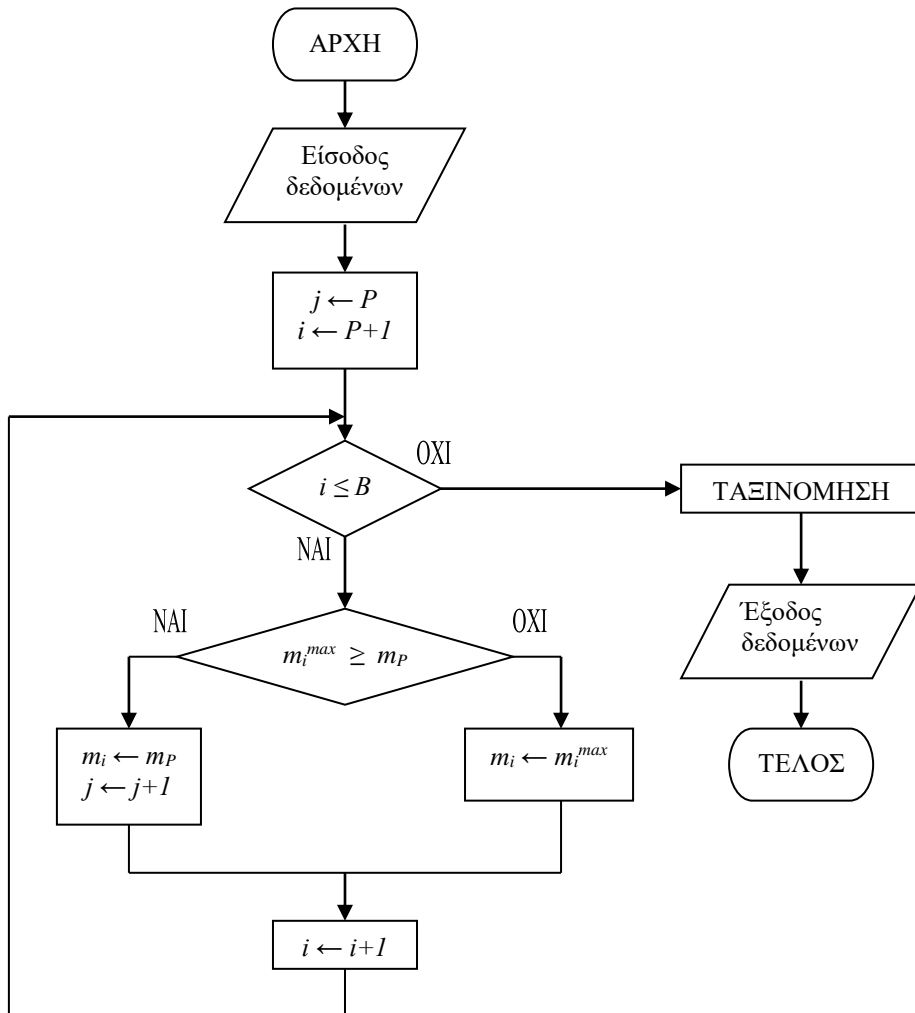
αφήνουμε τον δείκτη  $j$  ως έχει

προχωράμε στον έλεγχο της επόμενης θέσης  $i = i + 1$

Μόλις  $i > B$ , ο έλεγχος τελειώνει και εκτελείται ξανά φθίνουσα ταξινόμηση βάσει του τρέχοντος πονταρίσματος

Με αυτόν τον τρόπο έχουμε σε πρώτη φάση ξεσκαρτάρει γρήγορα όσους χρήστες έχουν χαμηλό μέγιστο ποντάρισμα και θα μείνουν εκτός διεκδίκησης μιας θέσης, ενώ παράλληλα έχουμε μετακινήσει και εντός της ζώνης διεκδίκησης όσους χρήστες έχουν ικανοποιητικό μέγιστο ποντάρισμα. Ο δείκτης  $j$  όπως έχει διαμορφωθεί πλέον υποδεικνύει από ποια θέση και πάνω θα χρειαστεί να ανεβάσουμε τα τρέχοντα πονταρίσματα στα επόμενα βήματα.

Διάγραμμα 7.1 Διάγραμμα ροής γρήγορου αποκλεισμού.



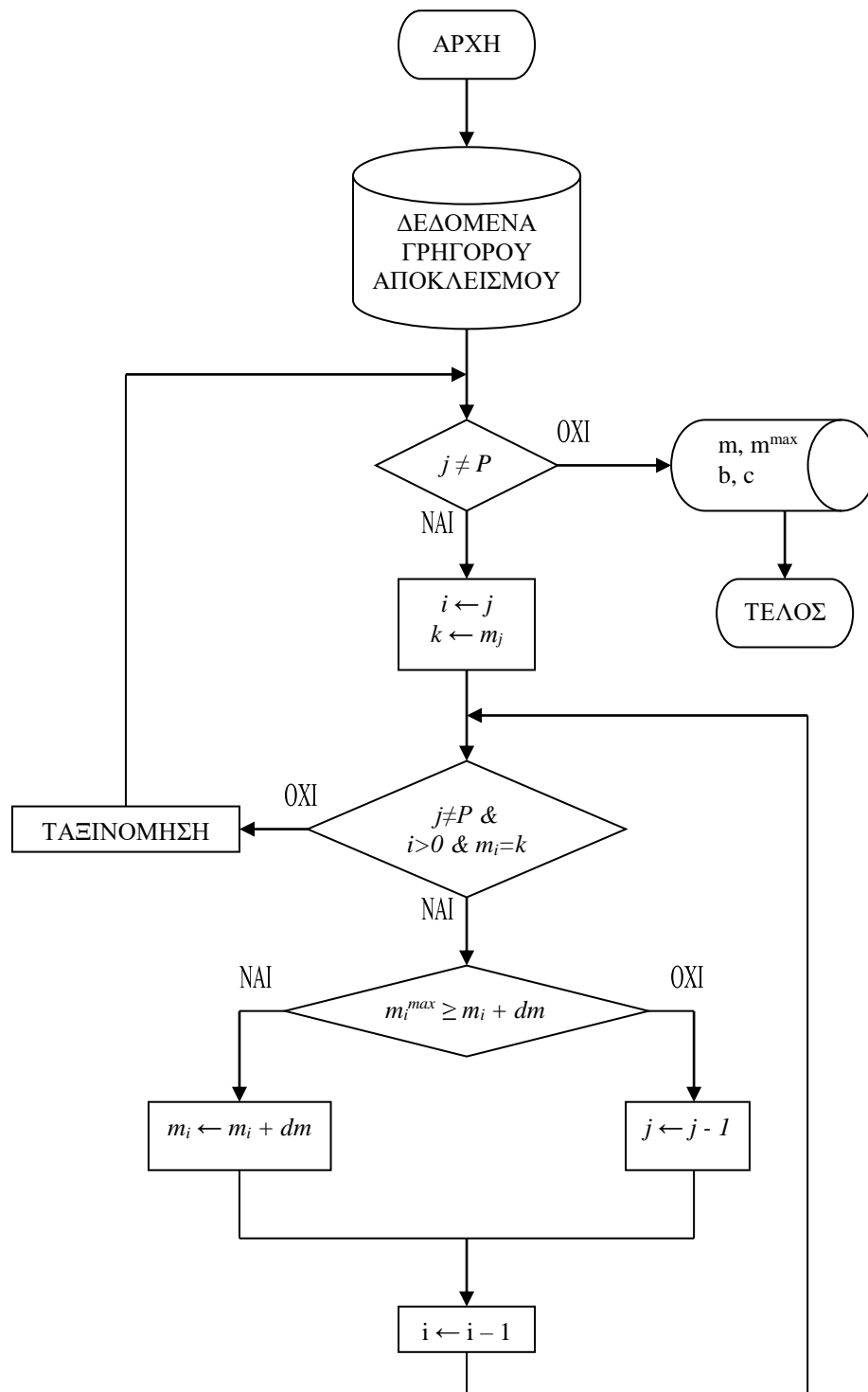
Θεωρώντας πως στην συνέχεια η αύξηση των προσφορών θα γίνεται κατά βήμα  $dm$ , η χρήση του αλγορίθμου του γρήγορου αποκλεισμού εξοικονομεί ένα υπολογιστικό κομμάτι, το οποίο ανάλογα με τα εκάστοτε αριθμητικά μεγέθη των παραμέτρων μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό ποσοστό της όλης υπολογιστικής διαδικασίας.

## 7.4 2<sup>ο</sup> ΜΕΡΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ: ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΑΥΞΗΣΗ

Μετά τον γρήγορο υπολογισμό των τελευταίων θέσεων, πρέπει να συνεχίσουν να αυξάνονται βαθμιαία τα πονταρίσματα όσων βρίσκονται εντός της ζώνης διεκδίκησης, δηλαδή όσων το τρέχον ποντάρισμα είναι ίσο ή μεγαλύτερο από  $m_P$ , μέχρι να παραμείνει μόνο η ομάδα νικητών.

- Αρχικά ελέγχουμε την περίπτωση όπου τυγχάνει κανένας συμμετέχοντας που ελέγχθηκε στο προηγούμενο βήμα να μην είχε μέγιστο ποντάρισμα και άρα η τρέχουσα ζώνη διεκδίκησης να συμπίπτει με την ομάδα υπερθεματισμού. Σ' αυτήν την περίπτωση το αυτόματο ποντάρισμα σταματάει και προχωράμε στον ορισμό των νικητών.
- Σε αντίθεση περίπτωση, ξεκινάμε το αυτόματο ποντάρισμα με αυτούς που η τρέχουσα προσφορά τους ισούται με  $m_j$  ή  $m_P$  δηλαδή αυτούς που βρίσκονται χαμηλότερα στη ζώνη διεκδίκησης και συγκεκριμένα από την θέση  $j$  προς την κορυφή.
- Ελέγχουμε τα μέγιστα πονταρίσματα και αν αυτά το επιτρέπουν αυξάνουμε το τρέχον ποντάρισμα  $m_i = m_j = m_P$  κατά μία μοναδιαία νομισματική μονάδα  $dm$ .
- Ο μετρητής  $j$  μειώνεται για κάθε χρήστη που δεν μπορεί να αυξήσει την προσφορά του και άρα μένει εκτός της ζώνης διεκδίκησης.
- Η σάρωση πρέπει να σταματάει μόλις ελεγχθούν όλοι οι συμμετέχοντες με ποντάρισμα  $m_P$  ή μόλις ο μετρητής  $j$  εξισωθεί με τις θέσεις  $P$ .
- Μόλις τελειώσουμε με αυτούς τους συμμετέχοντες, ταξινομούμε τον πίνακα και επαναλαμβάνουμε από την νέα θέση  $j$  και προς τα επάνω για τους συμμετέχοντες με ποντάρισμα  $m_P$ , το οποίο πλέον έχει αυξηθεί κατά  $dm$  σε σχέση με το  $m_P$  του προηγούμενου γύρου.
- Η διαδικασία σταματάει όταν συμπληρωθούν οι θέσεις των νικητών, δηλαδή όταν η ζώνη διεκδίκησης εξισωθεί με τις θέσεις  $P$ .

Σχήμα 7.2 Διάγραμμα ροής βηματικής αύξησης.



## 7.5 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται η συνολική μορφή του αλγορίθμου χωρίς το κομμάτι της ταξινόμησης. Ως είσοδος θεωρούνται τα ταξινομημένα στοιχεία βάσει των αρχικών πονταρισμάτων, όπως αυτά εξάγονται από τον αλγόριθμο του εκάστοτε τύπου δημοπρασίας που εξετάστηκαν προγενέστερα.

```

Αλγόριθμος Αυτόματο_ποντάρισμα
  Δεδομένα //  $P, B, dm, b, m, mmax, c$  //
  Αν  $B \geq P$  τότε
     $j \leftarrow P$ 
     $i \leftarrow P+1$ 
    Όσο  $i \leq B$  επανάλαβε
      Αν  $mmax[i] \geq m[P]$  τότε
         $m[i] \leftarrow m[P]$ 
         $j \leftarrow j+1$ 
      Αλλιώς
         $m[i] \leftarrow mmax[i]$ 
      Τέλος_αν
       $i \leftarrow i+1$ 
    Τέλος_επανάληψης
  ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
  Όσο  $j <> P$  επανάλαβε
     $i \leftarrow j$ 
     $k \leftarrow m[j]$ 
    Όσο  $j <> P$  και  $i > 0$  και  $m[i] = k$  επανάλαβε
      Αν  $mmax[i] \geq m[i] + dm$  τότε
         $m[i] \leftarrow m[i] + dm$ 
      Αλλιώς
         $j \leftarrow j-1$ 
      Τέλος_αν
       $i \leftarrow i+1$ 
    Τέλος_επανάληψης
  ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
  Τέλος_επανάληψης
  Τέλος_αν
  Αποτελέσματα //  $b, m, mmax, c$  //
Τέλος Αυτόματο_ποντάρισμα

```

Η ταξινόμηση που εφαρμόζεται μετά την κάθε παύση σάρωσης, γίνεται για όλα τα στοιχεία σύμφωνα με τον τρόπο που έχει παρουσιαστεί ο αλγόριθμος του αυτόματου πονταρίσματος. Ωστόσο γνωρίζουμε πως μας ενδιαφέρει ένα μόνο μέρος του πίνακα, η ζώνη διεκδίκησης. Τα στοιχεία που έχουν βγει ήδη εκτός ζώνης δεν πρόκειται να αλλάξουν σειρά και επομένως δεν χρειάζεται να ξαναταξινομηθούν. Για να αξιοποιήσουμε αυτό το χαρακτηριστικό προς τη βελτίωση της ταξινόμησης, θα πρέπει να εισάγουμε στον υπάρχοντα αλγόριθμο μία μεταβλητή που να θυμάται την αρχική τιμή του  $j$  πριν κάθε σάρωση. Όταν η σάρωση ολοκληρωθεί, το  $j$  θα έχει μειωθεί, αλλά θα γνωρίζουμε την αρχική του τιμή από την βοηθητική μεταβλητή. Η τιμή αυτή θα αντιστοιχεί στην θέση από την οποία ξεκίνησε η τελευταία σάρωση και άρα την θέση μέχρι την οποία θα πρέπει να εφαρμοστεί η ταξινόμηση.

Παρακάτω παρουσιάζεται μία εφαρμογή αυτόματου πονταρίσματος προσαρμοσμένη στην αρχική προσέγγιση της κλειστής δημοπρασίας, δηλαδή για μία μοναδική καθοριστική εκτέλεση. Τα στοιχεία του παραδείγματος είναι  $B=50$  συμμετέχοντες,  $P=30$  θέσεις στάθμευσης, ελάχιστο ποντάρισμα  $m^{\min}=0.5$  βήμα αύξησης πονταρισμάτων  $dm=0.1$ , ωράριο λειτουργίας 6.00-0.00 και ανανέωση θέσεων ανά 1 ώρα

- 1<sup>ο</sup> βήμα: Σε κάθε συμμετέχοντα  $b_i$  που καταθέτει προσφορά στη δημοπράτηση θέσεων για το χρονικό διάστημα 6.00-6.59 καταχωρείται μία ακέραια τιμή από το  $1$  μέχρι το  $B=50$  ανάλογα με την χρονική στιγμή καταχώρισης της προσφοράς. Ο πρώτος χρονικά συμμετέχων λαμβάνει την τιμή  $1$  και ο τελευταίος την τιμή  $50$ . Σε κάθε συμμετέχοντα αντιστοιχίζεται η προσωπική του αρχική και μέγιστη προσφορά. Σε όσους συμμετέχοντες δεν κατέθεσαν μέγιστη προσφορά, αυτή συμπληρώνεται με την αρχική τους προσφορά (στο παράδειγμα επιλέγουμε να αφήσουμε τις θέσεις αυτές κενές για καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων).

- 2<sup>ο</sup> βήμα: Την χρονική στιγμή 5.59 οι προσφορές κλείνουν και αρχίζει να εκτελείται ο αλγόριθμος επιλογής του νικητή. Ο πίνακας ταξινομείται με κριτήριο την φθίνουσα σειρά αρχικών πονταρισμάτων, ενώ τα στοιχεία που ισοβαθούν ταξινομούνται με το κριτήριο της προγενέστερης προσφοράς.
- 3<sup>ο</sup> βήμα: Εκτελείται το κομμάτι του αλγορίθμου του γρήγορου αποκλεισμού. Οι πρώτοι 43 συμμετέχοντες βρίσκονται εντός της ζώνης διεκδίκησης, ενώ αυτοί που βρίσκονται στις θέσεις 44-50 έχουν αποκλειστεί από την συνέχεια.
- 4<sup>ο</sup> βήμα: Εκτελείται το κομμάτι του αλγορίθμου του αυτόματου πονταρίσματος. Τα πονταρίσματα αυξάνονται βαθμιαία μέχρι να αποκλειστούν συνολικά 20 συμμετέχοντες που έχουν μεγιστοποιήσει την προσφορά τους.
- 5<sup>ο</sup> βήμα: Οι πρώτοι 30 συμμετέχοντες του πίνακα είναι αυτοί με τις μεγαλύτερες προσφορές και αυτοί που κερδίζουν μία θέση στάθμευσης. Στον ταξινομημένο πίνακα προστίθεται η στήλη της μεταβλητής αποδοχής  $c_i$ . Οι 30 πρώτοι συμμετέχοντες των οποίων τα πονταρίσματα γίνονται αποδεκτά λαμβάνουν την τιμή  $c_i=1$  και οι υπόλοιποι 20 των οποίων τα πονταρίσματα απορρίπτονται την τιμή  $c_i=0$ .
- 6<sup>ο</sup> βήμα: Η συμμετοχή στις δημοπρασίες για τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα παραμένει ανοιχτή. Στις 6.59 εκτελείται ο αλγόριθμος λαμβάνοντας τον πίνακα συμμετεχόντων και προσφορών για το επόμενο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα χρονικά διαστήματα μέχρι και τις 22.59 που δημοπρατούνται οι θέσεις των 23.00-23.59



Πίνακας 7.1 Παράδειγμα δημοπρασίας με αυτοματοποιημένο ποντάρισμα

i	b(i)	m(i)	mmax(i)
1	1	4	5
2	2	2	2,5
3	3	0,5	3
4	4	1,3	2,2
5	5	2,3	
6	6	5,5	
7	7	3,2	3,6
8	8	1	2
9	9	1,2	2,3
10	10	1	3,1
11	11	12	
12	12	7	
13	13	5	6
14	14	3	3,5
15	15	1,5	2,4
16	16	3,5	
17	17	2	2,6
18	18	10	
19	19	7,5	
20	20	0,7	1,5
21	21	0,5	2,2
22	22	3	
23	23	1	1,8
24	24	6	6,5
25	25	2,3	2,8
26	26	1	2,7
27	27	0,8	1,8
28	28	10	
29	29	5	5,7
30	30	1,5	2,8
31	31	4,5	5
32	32	1,2	1,6
33	33	5,5	5,8
34	34	1	
35	35	2	4
36	36	5	
37	37	1,5	4,2
38	38	4	5
39	39	3	3,5
40	40	8	
41	41	1,3	1,7
42	42	1	2,4
43	43	7	
44	44	3,3	3,8
45	45	3,5	
46	46	2	2,6
47	47	2,2	3,6
48	48	0,5	1,8
49	49	1,5	2,3
50	50	3	4,2

1<sup>ο</sup> Βήμα

i	b(i)	m(i)	mmax(i)
1	11	12	
2	18	10	
3	28	10	
4	40	8	
5	19	7,5	
6	12	7	
7	43	7	
8	24	6	6,5
9	6	5,5	
10	33	5,5	5,8
11	13	5	6
12	29	5	5,7
13	36	5	
14	31	4,5	5
15	1	4	5
16	38	4	5
17	16	3,5	
18	45	3,5	
19	44	3,3	3,8
20	7	3,2	3,6
21	14	3	3,5
22	22	3	
23	39	3	3,5
24	50	3	4,2
25	5	2,3	
26	25	2,3	2,8
27	47	2,2	3,6
28	2	2	2,5
29	17	2	2,6
30	35	2	4
31	46	2	2,6
32	15	1,5	2,4
33	30	1,5	2,8
34	37	1,5	4,2
35	49	1,5	2,3
36	4	1,3	2,2
37	41	1,3	1,7
38	9	1,2	2,3
39	32	1,2	1,6
40	8	1	2
41	10	1	3,1
42	23	1	1,8
43	26	1	2,7
44	34	1	
45	42	1	2,4
46	27	0,8	1,8
47	20	0,7	1,5
48	3	0,5	3
49	21	0,5	2,2
50	48	0,5	1,8

2<sup>ο</sup> Βήμα

i	b(i)	m(i)	mmax(i)
1	11	12	
2	18	10	
3	28	10	
4	40	8	
5	19	7,5	
6	12	7	
7	43	7	
8	24	6	6,5
9	6	5,5	
10	33	5,5	5,8
11	13	5	6
12	29	5	5,7
13	36	5	
14	31	4,5	5
15	1	4	5
16	38	4	5
17	16	3,5	
18	45	3,5	
19	44	3,3	3,8
20	7	3,2	3,6
21	14	3	3,5
22	22	3	
23	39	3	3,5
24	50	3	4,2
25	5	2,3	
26	25	2,3	2,8
27	47	2,2	3,6
28	2	2	2,5
29	17	2	2,6
30	35	2	4
31	46	2	2,6
32	15	2	2,4
33	30	2	2,8
34	37	2	4,2
35	49	2	2,3
36	4	2	2,2
37	9	2	2,3
38	8	2	2
39	10	2	3,1
40	26	2	2,7
41	42	2	2,4
42	3	2	3
43	21	2	2,2
44	23	1,8	1,8
45	27	1,8	1,8
46	48	1,8	1,8
47	41	1,7	1,7
48	32	1,6	1,6
49	20	1,5	1,5
50	34	1	

3<sup>ο</sup> Βήμα

i	b(i)	m(i)	mmax(i)
1	11	12	
2	18	10	
6t3	28	10	
4	40	8	
5	19	7,5	
6	12	7	
7	43	7	
8	24	6	6,5
9	6	5,5	
10	33	5,5	5,8
11	13	5	6
12	29	5	5,7
13	36	5	
14	31	4,5	5
15	1	4	5
16	38	4	5
17	16	3,5	
18	45	3,5	
19	44	3,3	3,8
20	7	3,2	3,6
21	14	3	3,5
22	22	3	
23	39	3	3,5
24	50	3	4,2
25	35	2,9	4
26	37	2,9	4,2
27	47	2,9	3,6
28	3	2,8	3
29	10	2,8	3,1
30	25	2,8	2,8
31	30	2,8	2,8
32	26	2,7	2,7
33	17	2,6	2,6
34	46	2,6	2,6
35	2	2,5	2,5
36	15	2,4	2,4
37	42	2,4	2,4
38	5	2,3	
39	9	2,3	2,3
40	49	2,3	2,3
41	4	2,2	2,2
42	21	2,2	2,2
43	8	2	2
44	23	1,8	1,8
45	27	1,8	1,8
46	48	1,8	1,8
47	41	1,7	1,7
48	32	1,6	1,6
49	20	1,5	1,5
50	34	1	

4<sup>ο</sup> Βήμα

i	b(i)	m(i)	mmax(i)	c(i)
1	11	12		1
2	18	10		1
3	28	10		1
4	40	8		1
5	19	7,5		1
6	12	7		1
7	43	7		1
8	24	6	6,5	1
9	6	5,5		1
10	33	5,5	5,8	1
11	13	5	6	1
12	29	5	5,7	1
13	36	5		1
14	31	4,5	5	1
15	1	4	5	1
16	38	4	5	1
17	16	3,5		1
18	45	3,5		1
19	44	3,3	3,8	1
20	7	3,2	3,6	1
21	14	3	3,5	1
22	22	3		1
23	39	3	3,5	1
24	50	3	4,2	1
25	35	2,9	4	1
26	37	2,9	4,2	1
27	47	2,9	3,6	1
28	3	2,8	3	1
29	10	2,8	3,1	1
30	25	2,8	2,8	1
31	30	2,8	2,8	0
32	26	2,7	2,7	0
33	17	2,6	2,6	0
34	46	2,6	2,6	0
35	2	2,5	2,5	0
36	15	2,4	2,4	0
37	42	2,4	2,4	0
38	5	2,3		0
39	9	2,3	2,3	0
40	49	2,3	2,3	0
41	4	2,2	2,2	0
42	21	2,2	2,2	0
43	8	2	2	0
44	23	1,8	1,8	0
45	27	1,8	1,8	0
46	48	1,8	1,8	0
47	41	1,7	1,7	0
48	32	1,6	1,6	0
49	20	1,5	1,5	0
50	34	1		0

5<sup>ο</sup> Βήμα

## 7.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΦΟΡΕΣ

Όπως αναφέρθηκε, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα μεταγενέστερης αύξησης των προσφορών για συμμετέχοντες που τέθηκαν εκτός ανταγωνισμού ή που επιθυμούν να ισχυροποιήσουν τη θέση τους. Εφαρμόζοντας μοντέλο μεταχείρισης αναθεωρημένων προσφορών αντίστοιχο με τις προηγούμενες προσεγγίσεις, για τις μέγιστες προσφορές θα πρέπει να ισχύει:

- Σε μοντέλο κλειστής δημοπρασίας όπου η εκτέλεση γίνεται μόνο μία φορά, δεν υφίσταται προγενέστερη ταξινόμηση για να χρειάζεται αναζήτησή τους.
- Σε μοντέλο συνεχούς ανανέωσης:
  - Αν επιτρέπεται η αναθεώρηση εξίσου αρχικής και μέγιστης προσφοράς, θα να αναζητούνται και οι αλλαγές μέγιστων προσφορών, με τρόπο ίδιον με αυτόν που αναζητούνται και οι τρέχουσες.
  - Αν επιτρέπεται η αναθεώρηση μόνο της μέγιστης προσφοράς ή απλώς το μοντέλο λειτουργεί μόνο μέγιστες προσφορές, θα πρέπει το κομμάτι της αναθεώρησης να μεταφερθεί στις μέγιστες τιμές.

Η προτεραιότητα ισοβαθμίας στην αναθεώρηση μεγίστων προσφορών δεν εξαρτάται από τον μηχανισμό του μέγιστου πονταρίσματος αλλά από την μέθοδο της ταξινόμησης των αρχικών προσφορών. Το αυτόματο ποντάρισμα θα διατηρεί απλώς την σειρά που θα λαμβάνει από το προηγούμενο βήμα. Έτσι σε μία μέθοδο ολικής ταξινόμησης σε ένα βήμα, όπως στην κλειστή δημοπρασία, θα διατηρείται η χρονική σειρά της αρχικής συμμετοχής, δηλαδή η προτεραιότητα στον  $\alpha/\alpha$  του συμμετέχοντα. Ένας συμμετέχοντας  $\alpha$  που ισοβαθμίζει με κάποιον άλλον συμμετέχοντα  $\beta$  κατά την αύξηση προσφορών, θα βρεθεί σε καλύτερη θέση αν εισήλθε στην διαδικασία νωρίτερα από τον  $\beta$ . Σε μία μέθοδο ταξινόμησης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου θα διατηρείται η χρονική σειρά της τελευταίας συμμετοχής, δηλαδή η απόλυτη χρονική σειρά της τελευταίας καταχώρησης αρχικής, μέγιστης προσφοράς ή αναθεώρησης οποιασδήποτε προσφοράς. Ένας προγενέστερος συμμετέχοντας  $\alpha$  που εκτοπιστεί από

έναν μεταγενέστερο συμμετέχοντα  $\beta$ , θα διατηρήσει την εκτοπισμένη σειρά αν αυξήσει τη μέγιστη προσφορά του και βρεθεί ισόβαθμος με τον  $\beta$ , παρότι είναι αρχαιότερος.

## 7.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία που παρουσιάστηκε μπορούμε να πούμε πως λειτουργεί αντίστροφα σε σχέση με το ζητούμενό μας. Στόχος μας είναι η εύρεση των  $P$  καλύτερων προσφορών. Ο αλγόριθμος αντίθετα ξεκινάει από το τέλος εντοπίζοντας πρώτα τους χειρότερους. Αποκλείει δηλαδή σταδιακά τους συμμετέχοντες μέχρι να περισσέψει η νικήτρια ομάδα των  $P$ .

Η χρήση του αυτόματου πονταρίσματος μπορεί να έχει διττή σημασία. Θεωρώντας ως  $m_i^{\max}$  τις νομισματικές μονάδες που προτίθεται να πληρώσει ένας χρήστης για την απόκτηση μιας θέσης, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η χρήση ενός χαμηλού αρχικού πονταρίσματος μπορεί κάλλιστα να οδηγήσει στην απόκτηση μιας θέσης στάθμευσης για ένα μικρότερο αντίτιμο από αυτό που ο χρήστης προτίθεται να πληρώσει. Επομένως η νέα αυτή παράμετρος που εισήγαμε μπορεί να επιφέρει ένα σημαντικό οικονομικό όφελος για τον συμμετέχοντα. Αντίστοιχα βέβαια μπορεί να λειτουργήσει και αντίστροφα στην περίπτωση που ο χρήστης θέσει ως αρχικό ποντάρισμα μία τιμή κοντά σε αυτή που προτίθεται να πληρώσει και παρασυρθεί στην συνέχεια από την διαδικασία του ανταγωνισμού και της ικανοποίησης που προσφέρει η νίκη, ξεφεύγοντας έτσι από τα προσωπικά του όρια. Σε κάθε περίπτωση η ανάλογη ψυχολογική αντιμετώπιση του μηχανισμού λειτουργίας της δημοπρασίας μπορεί να επιφέρει και τα αντίστοιχα οικονομικά αποτελέσματα, τα οποία τελικά μπορούν να βγάλουν κερδισμένο τόσο τον πωλητή όσο και τον αγοραστή. Δηλαδή μέσα από τον δυναμικό αυτόν μηχανισμό μπορούν να αντλήσουν οφέλη ταυτόχρονα και οι δύο αντικρουόμενες πλευρές της οικονομικής αυτής συναλλαγής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑ ΜΕ ΠΑΡΑΤΑΣΗ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ

### 8.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούμε βασίζονται στην δημοπράτηση χρονοθυρίδων. Δηλαδή στον διαχωρισμό του ωραρίου λειτουργίας σε διαστήματα και στην δημοπράτηση των θέσεων ξεχωριστά για κάθε χρονικό διάστημα. Το χαρακτηριστικό αυτό γεννά έναν σημαντικό σκόπελο ως προς την πρακτικότητα της διαδικασίας. Η ανάγκη των οδηγών για στάθμευση υπερβαίνει συνήθως το ελάχιστο διαθέσιμο χρονικό διάστημα. Για την κάλυψη της ανάγκης αυτής απαιτείται η αγορά περισσότερου χρόνου. Στην περίπτωση της δημοπράτησης θέσεων αυτό αντιστοιχεί στην συμμετοχή και την νίκη σε διαδοχικές δημοπρασίες. Η ανάγκη για στάθμευση είναι δεδομένη για τον οδηγό σύμφωνα με τον προγραμματισμό που έχει κάνει. Ωστόσο η νίκη στην πρώτη δημοπρασία δεν εγγυάται την νίκη και στις επόμενες και ενέχει τον κίνδυνο να βρεθεί εκτεθειμένος. Η πιθανότητα απώλειας θέσης για κάποιο από τα χρονικά διαστήματα που τον ενδιαφέρουν, ταυτόχρονα αχρηστεύει και την αξία αυτών που έχει κερδίσει. Το πιθανότερο σε μία τέτοια αρνητική έκβαση θα ήταν να μην παρουσιαστεί καθόλου στον χώρο στάθμευσης, αλλά να αναγκαστεί να αγοράσει ξανά όλον τον χρόνο που του χρειάζεται σε μία άλλη επιχείρηση. Η πιθανότητα μιας τέτοιας έκβασης λογικά θα οδηγούσε αυτή την μερίδα πελατών στο να μην συμμετάσχει εξ αρχής σε καμία δημοπρασία. Το γεγονός αυτό λοιπόν, περιορίζει σημαντικά το διαθέσιμο καταναλωτικό κοινό της επιχείρησης, σε αυτούς τους οδηγούς που αναζητούν αρκετά βραχύχρονη μίσθωση, ίση με τον χρόνο που παρέχει μία μόνο δημοπρασία.

Ο πελάτης επιθυμεί να γνωρίζει ταυτόχρονα την έκβαση των δημοπρασιών. Επομένως για την ικανοποίηση των πραγματικών αναγκών του καταναλωτή, θα πρέπει

η πλειοδοσία να ορίζεται είτε για όλα είτε για κανένα από τα χρονικά διαστήματα ενδιαφέροντος. Για να εφαρμοστεί αυτό στο υπάρχον πλαίσιο, θα πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος που να εγγυάται ότι η νίκη ενός χρήστη σε μία δημοπρασία θα συνεπάγεται και την νίκη του σε όλες τις επόμενες διαδοχικές δημοπρασίες που επιθυμεί να λάβει μέρος. Αυτό μπορεί να γίνει διεξάγοντας κανονικά τις δημοπρασίες και δίνοντας την ευκαιρία στον χρήστη με την νίκη του, να κλειδώνει και την παραμονή του στον χώρο για όσες διαδοχικές χρονοθυρίδες έχει επιλέξει.

Σε μία τέτοια εφαρμογή θα μπορεί ο χρήστης να επιλέγει την αρχική δημοπρασία στην οποία θέλει να συμμετάσχει και έπειτα να δηλώνει για πόσες διαδοχικές δημοπρασίες θέλει να ισχύει η συμμετοχή του. Με αυτόν τον τρόπο θα συμπληρώνει τον χρόνο για τον οποίο χρειάζεται μία θέση στάθμευσης. Σε περίπτωση που αναδεικνύεται νικητής, η νίκη του θα μεταφέρεται και σε όλες τις επόμενες χρονοθυρίδες που επέλεξε.

*Εικόνα 8.1 Διαδικασία συμμετοχής σε γραφικό περιβάλλον χρήστη.*

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 25 sec
Ελάχιστη Τιμή:	2.10 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	-- EUR
Διαδοχικές Θυρίδες:	<input type="text" value="ΕΠΙΛΕΞΤΕ"/> <input type="text" value="V"/>
<input type="button" value="Επιστροφή"/> <input type="button" value="Καταχώρηση"/>	

Βήμα 1: Εισαγωγή ημ/νίας

Βήμα 2: Επιλογή ώρας και μετάβαση στην  
φόρμα εισαγωγής προσφοράς

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 09 sec
Ελάχιστη Τιμή:	2.10 EUR
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR
Διαδοχικές Θυρίδες:	<input type="text" value="3"/> <input type="text" value="V"/>
<input type="button" value="Επιστροφή"/> <input type="button" value="Καταχώρηση"/>	

Βήμα 3: Καταχώρηση προσφοράς και αριθμού  
διαδοχικών δημοπρασιών

ΗΜ/ΝΙΑ	ΩΡΑ
08/09/2018	19.00-20.00
Λήξη Σε:	32 min, 00 sec
Ελάχιστη Τιμή:	2.10 EUR 
Μέγιστη Προσφορά:	3.80 EUR
Διαδοχικές Θυρίδες:	3
Επιστροφή	

Βήμα 4: Ανακοίνωση τρέχοντος αποτελέσματος

Η μεταφορά της νίκης της δημοπρασίας  $t$  στην δημοπρασία  $t+1$ , σημαίνει μείωση των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης για την δημοπρασία  $t+1$  πριν τη λήξη της. Θα πρέπει λοιπόν την στιγμή της λήξης κάθε δημοπρασίας να ελέγχεται αν υπάρχουν κρατήσεις για επόμενες δημοπρασίες και να μειώνονται κατάλληλα οι αντίστοιχες διαθέσιμες θέσεις. Οι ενδιαφερόμενοι θα διαγωνίζονται από αυτή τη στιγμή και μετά για τις εναπομένουσες θέσεις. Την στιγμή της ανανέωσης των διαθέσιμων θέσεων θα προκύπτει ταυτόχρονα ένα άλμα στην τιμή κατώφλι η οποία θα προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα.

## 8.2 ΕΠΙΛΥΣΗ

Για να μπορέσουμε να μεταχειριστούμε ταυτόχρονα δεδομένα διαφορετικών δημοπρασιών, ορίζουμε ως:

$P_t$  οι διαθέσιμες θέσεις της δημοπρασίας  $t$

$r_i$  ο αριθμός των επιθυμητών διαδοχικών δημοπρασιών για κάθε συμμετέχοντα

Μετά την λήξη της δημοπρασίας  $t$  θα πρέπει το κάθε  $r_i$  να μειώνει κατάλληλα τις διαθέσιμες θέσεις  $P_{t+n}$  όλων των επόμενων δημοπρασιών. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι υλοποίησης. Έστω αυτή θα γίνεται με τον έλεγχο ενός προς ενός των  $r_i$  για την μείωση των θέσεων της επόμενης δημοπρασίας. Όταν ένα  $r_i$  βρίσκεται μεγαλύτερο του 1 σημαίνει ότι η νίκη μεταφέρεται και στην επόμενη δημοπρασία και άρα θα πρέπει να μειωθεί το  $P_{t+1}$ . Όταν τελειώνει με τον έλεγχο όλων των στοιχείων για την επόμενη δημοπρασία, θα επαναλαμβάνει τον έλεγχο για  $r_i > 2$ , δηλαδή για νίκες που μεταφέρονται στην μεθεπόμενη δημοπρασία  $t+2$  κ.ο.κ., μέχρι να ολοκληρωθούν όλες οι επόμενες δημοπρασίες  $T-t$ .

Για να το πετύχουμε αυτό ξεκινάμε ορίζοντας μία βοηθητική μεταβλητή  $j$  όπου αποθηκεύουμε τον  $\alpha/\alpha$   $t$  της επόμενης δημοπρασίας και συνεχίζουμε με τη σάρωση των  $r_i$ . Εφόσον η σάρωση θα γίνεται για τον έλεγχο μεταφοράς νίκης σε κάθε μία από τις επόμενες δημοπρασίες, το  $j$  θα υποδεικνύει κάθε φορά ποια θα είναι αυτή. Επόμενο βήμα, όπως αναφέρθηκε, είναι η ανίχνευση κράτησης. Κάθε φορά θα ξεκινάμε από τον έλεγχο της αμέσως επόμενης δημοπρασίας  $t+1$  και προκειμένου να υπάρχει κράτηση θα πρέπει το  $r_i$  να είναι μεγαλύτερο του 1. Για την μεθεπόμενη δημοπρασία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 2 κ.ο.κ. Εφόσον το  $j$  διατηρεί κάθε φορά τον  $\alpha/\alpha$  της επόμενης δημοπρασίας για την οποία εφαρμόζουμε τον έλεγχο, θα πρέπει τελικά αυτός να γίνεται κάθε φορά για  $r_i > j-t$ . Μόλις ταυτοποιηθεί  $r_i$  κράτηση, μειώνουμε τις διαθέσιμες θέσεις  $P_j$  της επόμενης δημοπρασίας κατά μία. Αφού ολοκληρωθεί η σάρωση για όλες τις θέσεις  $P_t$  της τρέχουσας δημοπρασίας  $t$ , αυξάνουμε το δείκτη  $j$  κατά μία μονάδα και επαναλαμβάνουμε τη σάρωση για να μειώσουμε τις θέσεις της μεθεπόμενης πλέον δημοπρασίας. Η επανάληψη πρέπει να σταματά μόλις ολοκληρωθεί ο έλεγχος για μείωση θέσεων όλων των επόμενων δημοπρασιών, δηλαδή μέχρι ο δείκτης  $j$  να ξεπεράσει την τιμή  $T$  που αντιστοιχεί στον  $\alpha/\alpha$  της τελευταίας χρονοθυρίδας.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αλγόριθμος της διαδικασίας.



---

```

Αλγόριθμος Μεταφορά_νίκης
  Δεδομένα // T, t, P, r //
     $j \leftarrow t+1$ 
    Όσο  $j \leq T$  επανάλαβε
       $i \leftarrow 1$ 
      Όσο  $i \leq P[t]$  επανάλαβε
        Αν  $r[i] > j-t$  τότε
           $P[j] \leftarrow P[j] - 1$ 
        Τέλος_αν
         $i \leftarrow i+1$ 
      Τέλος_επανάληψης
       $j \leftarrow j+1$ 
    Τέλος_επανάληψης
     $t \leftarrow t+1$ 
  Αποτελέσματα // t, P //
Τέλος Μεταφορά_νίκης

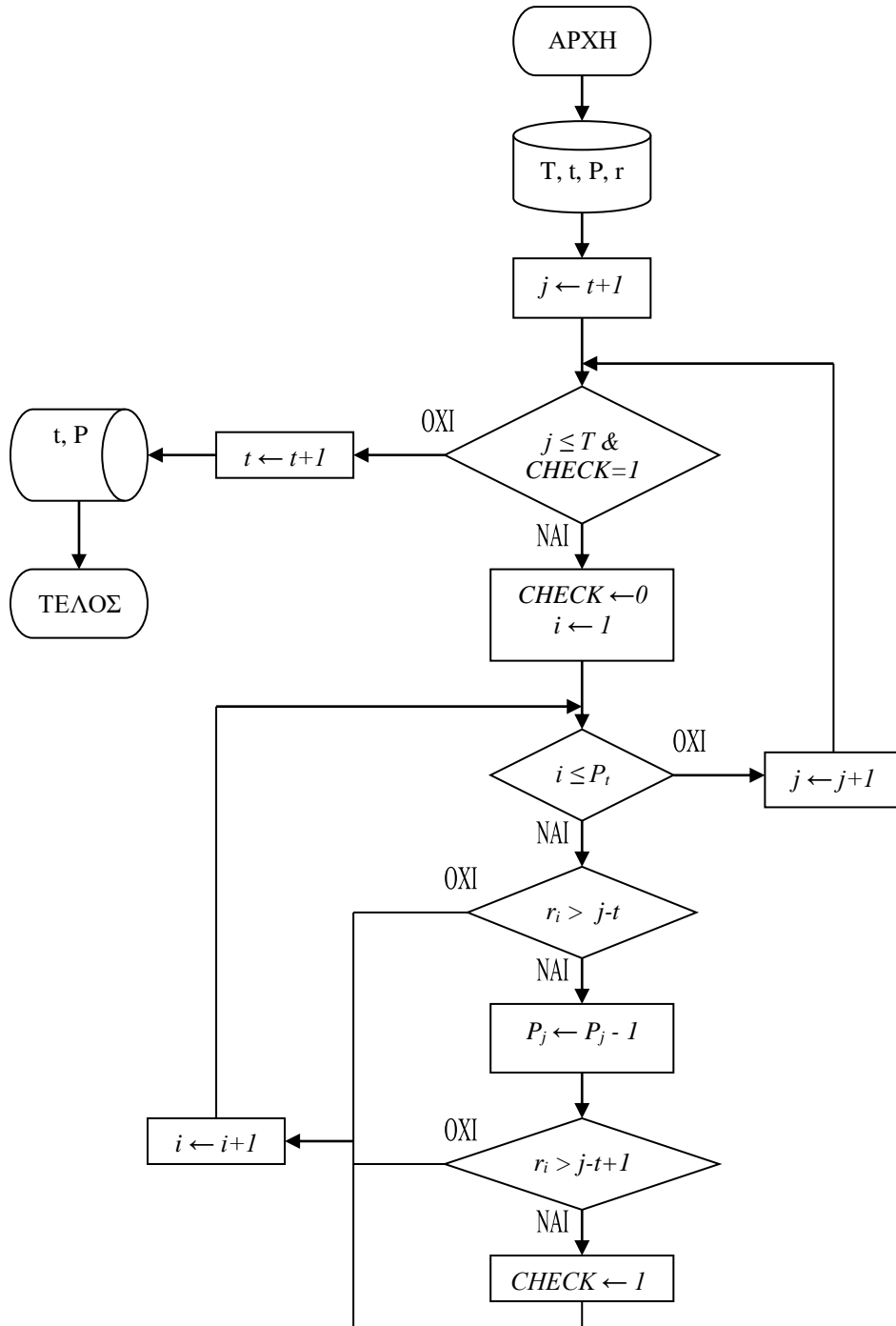
```

Για την σωστή λειτουργία του αλγόριθμου πρέπει το πρόγραμμα να φροντίζει ώστε στην πρώτη εκτέλεση να εισάγεται ως  $t$  η τιμή 1. Μετά το πέρας τα δεδομένα είναι ανανεωμένα και σε κάθε επόμενη εκτέλεση κατά την λήξη κάθε δημοπρασίας εισάγονται σωστά.

Η λήξη του ελέγχου για τις επόμενες δημοπρασίες σε κάθε εκτέλεση επιλέχθηκε να γίνεται αφού αυτή ολοκληρωθεί και για την  $T$  δημοπρασία. Για να έχει νόημα ο έλεγχος μέχρι την  $T$ , θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας νικητής που να έχει κράτηση για αυτή την χρονοθυρίδα. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση θα είναι οι κρατήσεις να τελειώνουν σε προγενέστερη δημοπρασία της  $T$  και άρα να μην χρειάζεται να φτάσει μέχρι εκεί ο έλεγχος. Επομένως θα ήταν πιο πρακτικό ο έλεγχος να σταματάει όταν δεν υπάρχει κράτηση για κάποια επόμενη δημοπρασία. Για να εφαρμοστεί αυτό, θα χρειαστούμε μια μεταβλητή ελέγχου την οποία μπορούμε να αρχικοποιήσουμε με μία τιμή όπως 0. Κάθε φορά που θα βρίσκεται κράτηση για την αμέσως επόμενη δημοπρασία, θα ελέγχεται αν υπάρχει κράτηση και για την μεθεπόμενη. Αν ανιχνευθεί κράτηση η μεταβλητή ελέγχου θα αλλάζει τιμή. Με αυτόν τον τρόπο, στο τέλος της σάρωσης για την  $j$  επόμενη δημοπρασία θα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν υπάρχει οποιαδήποτε κράτηση και για την μεθεπόμενη. Αν δεν

υπάρχει κράτηση, τότε η διαδικασία μπορεί πλέον να τερματιστεί, προτού φτάσει στην Τ δημοπρασία.

**Διάγραμμα 8.1** Διάγραμμα ροής μεταφοράς νίκης - τελική μορφή.



### 8.3 Η ΤΙΜΗ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

Το ζήτημα που προκύπτει σε μία προσέγγιση μεταφοράς της νίκης, είναι ποια τιμή θα πληρώνει τελικά ο νικητής για την παραμονή του στον χώρο στάθμευσης για κάθε επόμενη χρονοθυρίδα από αυτήν που προήλθε η νίκη του.

Ορίζουμε ως:

$m_i^t$ , το νικητήριο ποντάρισμα στην δημοπρασία  $t$  ενός τυχαίου νικητή  $i$  με κράτηση.

$m_w^{t+1}$ , το πληρωτέο ποσό του νικητή  $i$  για την χρονοθυρίδα  $t+1$ .

1. Μία προφανής λύση είναι η επανάληψη της ίδιας πληρωμής για κάθε χρονοθυρίδα.

$$m_w^{t+n} = m_i^t$$

Η απλή αυτή προσέγγιση έχει το θετικό στοιχείο ότι ο νικητής θα γνωρίζει εκ των προτέρων το ποσό για το οποίο συμμετέχει και το οποίο θα πληρώσει. Το αρνητικό είναι ότι δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη η έκβαση επόμενων δημοπρασιών ως προς τα ύψη των προσφορών. Αυτό σημαίνει πως ένας συμμετέχων θα μπορεί να επωφεληθεί αυτού του συστήματος κλείνοντας μία θέση σε ώρα χαμηλής ζήτησης και διατηρώντας την σε επόμενες ώρες αιχμής. Αντίστοιχα ένας συμμετέχων που θα κλείσει θέση σε ώρα αιχμής, θα βγει ζημιωμένος αν η κράτησή του περιλαμβάνει επόμενες ώρες εκτός αιχμής.

2. Μία πιο δίκαιη προσέγγιση θα ήταν ο νικητής που τερμάτισε στη θέση  $i$  να πληρώνει για κάθε επόμενη δημοπρασία την προσφορά του αντίστοιχου νικητή στην ίδια θέση.

$$m_w^{t+n} = m_i^{t+n}$$

Με αυτόν τον τρόπο θα λαμβάνεται υπόψη και η έκβαση των επόμενων δημοπρασιών. Ωστόσο, ο χρήστης, παρότι καταχωρεί μία προσφορά, δεν θα είναι σε θέση να γνωρίζει τι ποσό θα κληθεί τελικά να πληρώσει, προτού τελειώσουν οι δημοπρασίες όλων των χρονοθυρίδων για τις οποίες έκλεισε θέση και ενδεχομένως να μην συμφωνεί με το ποσό αν αυτό υπερβεί κάποιο όριο.

3. Προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα σε περίπτωση που οι τιμές των επόμενων δημοπρασιών είναι αρκετά μεγαλύτερες από την προσφορά που κατέθεσε ο νικητής, θα μπορούσε να μπει ένα ποσοστιαίο άνω όριο μέχρι το οποίο θα μπορεί να φτάσει η πληρωμή για την κάθε επόμενη δημοπρασία.

$$m_w^{t+n} = m_i^{t+n} \quad , \quad \max m_w^{t+n} = k m_i^t$$

Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης θα μπορεί να υπολογίσει πλέον ποιο θα είναι το μεγαλύτερο δυνατόν ποσό που θα κληθεί να πληρώσει στη δυσμενέστερη κατάσταση.

4. Μία εναλλακτική λύση είναι να υπολογίζεται το πληρωτέο ποσό βάσει του ύψους της νικήτριας προσφοράς σε σχέση με το εύρος των τιμών των νικητών. Ως εύρος τιμών των νικητών εννοείται η διαφορά  $m_I - m_P$ . Για την νικητήρια δημοπρασία  $t$  το εύρος αυτό θα είναι  $m_1^t - m_P^t$  και για κάθε επόμενη  $m_1^{t+n} - m_P^{t+n}$ . Το ποσοστό της νικήτριας προσφοράς σε σχέση με το εύρος τιμών είναι  $\frac{m_i^t}{m_1^t - m_P^t}$ . Επομένως η πληρωτέα τιμή για κάθε επόμενη χρονοθυρίδα θα είναι το εύρος των τιμών της πολλαπλασιασμένο με το προαναφερθέν ποσοστό.

$$m_w^{t+n} = m_i^t \frac{m_1^{t+n} - m_P^{t+n}}{m_1^t - m_P^t}$$

Η προσέγγιση αυτή συνυπολογίζει την πρώτη προσφορά. Ωστόσο αυτή μπορεί να υπερβαίνει σημαντικά τις υπόλοιπες και επομένως να επηρεάζει εξίσου σημαντικά και την έκβαση του υπολογισμού κατά πλασματικό τρόπο.

5. Μία πιο απλούστερη προσέγγιση θα ήταν ο υπολογισμός να γίνεται μόνο βάσει της ελάχιστης πλειοδοτικής τιμής, εφόσον αυτή είναι η τιμή την οποία συναγωνίζονται οι συμμετέχοντες και από την οποία προκύπτουν οι προσφορές τους. Το ποσοστό της νικήτριας προσφοράς σε σχέση με την μικρότερη πλειοδοτική είναι  $\frac{m_i}{m_p}$ . Το πληρωτέο για κάθε επόμενη χρονοθυρίδα προκύπτει:

$$m_w^{t+n} = m_{P_{t+n}}^{t+n} \frac{m_i^t}{m_{P_t}^t}$$

Γίνεται κατανοητό πως όσο αυξάνονται οι κρατήσεις και μειώνονται οι θέσεις, τόσο θα αυξάνονται και οι τιμές των ελάχιστων πλειοδοτικών τιμών, και άρα και η τελική πληρωτέα τιμή.

6. Μία πιο δίκαιη προσέγγιση θα ήταν στην παραπάνω περίπτωση, να γίνεται ο υπολογισμός κάθε φορά βάσει της τιμής  $m_p$  που αντιστοιχεί στην προσφορά του συμμετέχοντα που βρίσκεται στην θέση P, δηλαδή στην θέση που αντιστοιχεί στον συνολικό αριθμό χωρητικότητας.

$$m_w^{t+n} = m_P^{t+n} \frac{m_i^t}{m_P^t}$$

Αυτή η θέση θα είναι ίδια σε κάθε δημοπρασία. Με αυτόν τον τρόπο αφαιρούμε την αύξηση τιμών που προκύπτει από την λήψη προσφοράς που βρίσκεται σε υψηλότερη θέση στον πίνακα ως προσφοράς βάσης του υπολογισμού. Η αύξηση που

προκύπτει από τον ανταγωνισμό λόγω της μείωσης των διαθέσιμων θέσεων παραμένει. Ωστόσο με την θεώρηση αυτή αγνοείται τελείως το γενικότερο εύρος των τιμών.

7. Μία ακόμα πιο δίκαιη θεωρητικά προσέγγιση, που θα συνυπολογίζει το συνολικό ύψος των προσφορών, είναι ο υπολογισμός βάσει του ύψους της νικήτριας προσφοράς σε σχέση με το συνολικό έσοδο της εταιρίας στάθμευσης. Το σύνολο αυτό ισούται με  $\sum_{j=1}^P m_j$ . Το ποσοστό της νικήτριας προσφοράς σε σχέση με τα συνολικά

έσοδα είναι  $\frac{m_i}{\sum_{j=1}^P m_j}$ . Το πληρωτέο για την  $t+n$  επόμενη χρονοθυρίδα προκύπτει:

$$m_i^{t+n} = \sum_{j=1}^{P_{t+n}} m_j^{t+n} \frac{m_i^t}{\sum_{j=1}^{P_t} m_j^t}$$

Σημειώνεται ότι τόσο στην δημοπρασία νίκης, όσο και στην επόμενη έχει χρησιμοποιηθεί ο εκάστοτε διαθέσιμος χώρος στάθμευσης. Εξ' ορισμού, εφόσον υπάρχει νικητής με κράτηση, στην επόμενη δημοπρασία οι θέσεις είναι λιγότερες. Θεωρητικά αυτό αυξάνει τον ανταγωνισμό και ανεβάζει τις τιμές, επομένως το έσοδο που χάνεται από την μείωση θέσης μοιράζεται στις προσφορές των υπολοίπων νικητών, διατηρώντας τα συνολικά έσοδα σε ισορροπία. Ωστόσο, λόγω της ανελαστικότητας των θέσεων στάθμευσης σαν αγαθό, ο μηχανισμός αυτός μπορεί να λειτουργήσει ως ένα σημείο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση όπου μείνει μόνο μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης για κάποια επόμενη δημοπρασία. Είναι σίγουρο πως αποκλείεται η τιμή της να πλησιάσει το συνολικό έσοδο που θα προέκυπτε από μία δημοπρασία με όλη τη χωρητικότητα διαθέσιμη.

8. Ως απάντηση στο προηγούμενο πρόβλημα, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ως μέτρο σε όλες τις δημοπρασίες την χωρητικότητα  $P$ , δηλαδή:

$$m_i^{t+n} = \sum_{j=1}^P m_j^{t+n} \frac{m_i^t}{\sum_{j=1}^P m_j^t}$$

Με αυτόν τον τρόπο θα αποφεύγαμε μείωση τιμών στο σενάριο πολλών κρατήσεων. Ωστόσο, όσο αυξάνονταν οι κρατήσεις θα ανέβαιναν και οι τιμές λόγω του ανταγωνισμού. Και εφόσον οι θέσεις υπολογισμού είναι σταθερές, θα αυξανόταν και το συνολικό έσοδο, και άρα και η τελικά πληρωτέα τιμή. Σίγουρα πάντως η αύξηση αυτή θα ήταν μικρή και ρεαλιστική σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση όπου η μείωση στο ακραίο σενάριο θα ήταν πολύ μεγάλη και εντελώς μη ρεαλιστική.

Συνοψίζοντας τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν, διαπιστώνουμε τελικά ότι αυτές που ανταποκρίνονται καλύτερα στην πραγματικότητα, λαμβάνοντας υπόψη με ρεαλιστικό τρόπο το αντίκτυπο που έχει στις τιμές η κράτηση θέσης, είναι οι μέθοδοι 2, 3 και 8. Οι μέθοδοι αυτές ανεβάζουν μεν την πληρωτέα τιμή για τις επόμενες χρονοθυρίδες σε σχέση με την νικητήρια προσφορά, αλλά σε λογικά πλαίσια ανάλογα του ανταγωνισμού που δημιουργείται στις επόμενες δημοπρασίες.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα δυο διαδοχικών δημοπρασιών  $t$  και  $t+1$ . Σε κάθε μία δημοπρασία συμμετέχουν από 50 διαφορετικοί χρήστες. Η συνολική χωρητικότητα είναι  $P = 30$  θέσεις. Στην  $t$  δημοπρασία οι διαθέσιμες θέσεις είναι  $P_t = 30$ . Προκύπτουν 12 νικητές με κράτηση για την επόμενη χρονοθυρίδα και άρα οι διαθέσιμες θέσεις της επόμενης δημοπρασίας γίνονται  $P_{t+1} = 18$ . Στην συνέχεια υπολογίζονται οι πληρωτέες τιμές για την χρονοθυρίδα  $t+1$  των νικητών με κράτηση της δημοπρασίας  $t$ . Ο υπολογισμός γίνεται για κάθε έναν από τους 8 τρόπους αντιμετώπισης που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 8.1** Παράδειγμα αποτελεσμάτων 2 διαδοχικών δημοπρασιών. Με κίτρινο χρώμα σημειώνονται οι νικητήριες θέσεις και με πράσινο οι νικητές με κράτηση για επόμενες χρονοθυρίδες.

$i$	$b_i^t$	$m_i^t$	$r_i^t$
1	11	4	1
2	18	4	1
3	28	3,8	1
4	40	3,5	1
5	19	3,5	1
6	12	3,3	2
7	43	3	1
8	24	3	2
9	6	2,8	3
10	33	2,8	1
11	13	2,7	3
12	29	2,7	1
13	36	2,5	2
14	31	2,5	1
15	1	2,5	1
16	38	2,5	3
17	16	2,4	1
18	45	2,3	1
19	44	2,3	2
20	7	2,1	1
21	14	2	3
22	22	2	2
23	39	2	1
24	50	1,9	1
25	5	1,9	4
26	25	1,9	1
27	47	1,9	1
28	2	1,8	2
29	17	1,8	3
30	35	1,8	1
31	46	1,8	2
32	15	1,8	3
33	30	1,7	1
34	37	1,7	5
35	49	1,6	1
36	4	1,6	1
37	41	1,5	3
38	9	1,5	1
39	32	1,5	1
40	8	1,3	3
41	10	1,3	6
42	23	1,2	1
43	26	1,1	2
44	34	1	5
45	42	1	1
46	27	1	3
47	20	1	6
48	3	1	3
49	21	1	2
50	48	1	4

$t$  δημοπρασία

$i$	$b_i^{t+1}$	$m_i^{t+1}$
1	11	5,5
2	18	4
3	28	4
4	40	3,8
5	19	3,7
6	12	3,5
7	43	3,3
8	24	3
9	6	3
10	33	2,9
11	13	2,8
12	29	2,8
13	36	2,7
14	31	2,7
15	1	2,7
16	38	2,6
17	16	2,6
18	45	2,6
19	44	2,6
20	7	2,6
21	14	2,6
22	22	2,6
23	39	2,5
24	50	2,5
25	5	2,4
26	25	2,4
27	47	2,3
28	2	2,3
29	17	2,2
30	35	2,2
31	46	2,2
32	15	2,1
33	30	2
34	37	2
35	49	2
36	4	1,9
37	41	1,8
38	9	1,8
39	32	1,6
40	8	1,5
41	10	1,5
42	23	1,3
43	26	1,3
44	34	1,2
45	42	1,2
46	27	1,2
47	20	1
48	3	1
49	21	1
50	48	1

$t+1$  δημοπρασία



Πίνακας 8.2 Παράδειγμα υπολογισμού των αντίστοιχων πληρωτέων τιμών για την δημοπρασία  $t+1$ 

$i$	$b_i^t$	$m_i^t$	$r_i^t$	$m_i^{t+1}$	$^1m_w^{t+1}$	$^2m_w^{t+1}$	$\max^3m_w^{t+1}$ $k = 1,2$	$^3m_w^{t+1}$	$^4m_w^{t+1}$	$^5m_w^{t+1}$	$^6m_w^{t+1}$	$^7m_w^{t+1}$	$^8m_w^{t+1}$
1	11	4	1	5,5									
2	18	4	1	4									
3	28	3,8	1	4									
4	40	3,5	1	3,8									
5	19	3,5	1	3,7									
6	12	3,3	2	3,5	3,30	3,50	3,96	3,50	4,95	4,77	4,03	2,38	3,74
7	43	3	1	3,3									
8	24	3	2	3	3	3	3,60	3	4,50	4,33	3,67	2,16	3,40
9	6	2,8	3	3	2,80	3	3,36	3	4,20	4,04	3,42	2,02	3,17
10	33	2,8	1	2,9									
11	13	2,7	3	2,8	2,70	2,80	3,24	2,80	4,05	3,9	3,30	1,94	3,06
12	29	2,7	1	2,8									
13	36	2,5	2	2,7	2,50	2,70	3	2,70	3,75	3,61	3,06	1,80	2,83
14	31	2,5	1	2,7									
15	1	2,5	1	2,7									
16	38	2,5	3	2,6	2,50	2,60	3	2,60	3,75	3,61	3,06	1,80	2,83
17	16	2,4	1	2,6									
18	45	2,3	1	2,6									
19	44	2,3	2	2,6	2,30	2,60	2,76	2,60	3,45	3,32	2,81	1,66	2,60
20	7	2,1	1	2,6									
21	14	2	3	2,6	2	2,60	2,40	2,40	3	2,89	2,44	1,44	2,26
22	22	2	2	2,6	2	2,60	2,40	2,40	3	2,89	2,44	1,44	2,26
23	39	2	1	2,5									
24	50	1,9	1	2,5									
25	5	1,9	4	2,4	1,90	2,40	2,28	2,28	2,85	2,74	2,32	1,37	2,15
26	25	1,9	1	2,4									
27	47	1,9	1	2,3									
28	2	1,8	2	2,3	1,80	2,30	2,16	2,16	2,70	2,60	2,20	1,30	2,04
29	17	1,8	3	2,2	1,80	2,20	2,16	2,16	2,70	2,60	2,20	1,30	2,04
30	35	1,8	1	2,2									

- $^1m_w^{t+1} = m_i^t$
- $^2m_w^{t+1} = m_i^{t+1}$
- $^3m_w^{t+1} = m_i^{t+1}$ ,  $\max^3m_w^{t+1} = km_i^t$
- $^4m_w^{t+1} = m_i^t \frac{m_1^{t+1} - m_p^{t+1}}{m_1^t - m_p^t}$
- $^5m_w^{t+1} = m_{P_{t+1}}^{t+1} \frac{m_i^t}{m_{P_t}^t}$
- $^6m_w^{t+1} = m_p^{t+1} \frac{m_i^t}{m_p^t}$
- $^7m_i^{t+1} = \sum_{j=1}^{P_{t+1}} m_j^{t+1} \frac{m_i^t}{\sum_{j=1}^{P_t} m_j^t}$
- $^8m_i^{t+1} = \sum_{j=1}^P m_j^{t+1} \frac{m_i^t}{\sum_{j=1}^P m_j^t}$

## 8.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η εφαρμογή της μεταφοράς νίκης επιλύει το πρόβλημα της ανάγκης παρατεταμένης παραμονής στον χώρο στάθμευσης. Ωστόσο η επιλογή κατάλληλης πληρωτέας τιμής, είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει. Παρά την πληθώρα των διαθέσιμων τρόπων υπολογισμού, δεν προκύπτει κάποια λύση που να μπορεί να θεωρηθεί πανάκεια. Κάθε τρόπος έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τόσο για τον νικητή, όσο και για την επιχείρηση στάθμευσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 – ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, επισημαίνουμε αρχικά πως η διάθεση χώρου στάθμευσης είναι ένα πρόβλημα δισδιάστατο το οποίο περιλαμβάνει τις θέσεις στάθμευση και τον χρόνο ενοικίασης. Η διάθεση μέσω δημοπράτησης απαιτεί την γνώση του αριθμού των προς διάθεση αγαθών. Η διαίρεση του ωραρίου σε χρονοθυρίδες είναι μια απαραίτητη διαδικασία ώστε οι παράμετροι του χρόνου και των θέσεων να συμπτυχθούν και να προκύψει ένας συγκεκριμένος αριθμός διαθέσιμων αγαθών, δηλαδή θέσεων για το προκαθορισμένο χρονικό διάστημα της χρονοθυρίδας. Η διαίρεση του ωραρίου δεν επηρεάζει σημαντικά τον προγραμματισμό του ενδιαφερόμενου, καθώς εξ' ορισμού ένας προγραμματισμός μετακίνησης δεν μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια, αλλά συνήθως θα συμπίπτει σε ακρίβεια με το μέγεθος της χρονοθυρίδας.

Σε ότι αφορά τις στιγμές λήξης της εκάστοτε δημοπρασίας, αυτές δεν επηρεάζουν κάπως την επίλυση του κάθε μοντέλου. Ωστόσο για την αποδοτική εφαρμογή, θα πρέπει κάθε δημοπρασία να δίνει το απαραίτητο χρονικό περιθώριο στον συμμετέχοντα για την μετάβασή του στον χώρο στάθμευσης. Το πόσο μεγάλο θα είναι αυτό το περιθώριο, δηλαδή το πόσο νωρίτερα θα λήγει η δημοπρασία σε σχέση με την στιγμή έναρξης της ενοικίασης, εξαρτάται από τις συνήθειες μετακίνησης του πληθυσμού. Η επιχείρηση στάθμευσης μπορεί να επιλέξει να δίνει περισσότερο χρόνο αν απευθύνεται σε πληθυσμό εξοικειωμένο με τον προγραμματισμό εργασιών, όπως για παράδειγμα την λήξη των δημοπρασιών στο τέλος της προηγούμενης ημέρας από την ημέρα ενοικίασης. Αντίθετα αν η επιχείρηση δραστηριοποιείται σε μία περιοχή όπου απαιτείται έκτακτη στάθμευση και απευθύνεται σε έναν πληθυσμό μη εξοικειωμένο με τον προγραμματισμό εργασιών, τότε θα μπορούσε να επιλέξει την λήξη δημοπρασιών ακόμα και 5 λεπτά πριν την έναρξη ενοικίασης.

Η γενική μορφή των δημοπρασιών που χρησιμοποιήθηκαν και αφορά την διάθεση πολλών ομοίων αγαθών σε πολλούς ενδιαφερόμενους αναφέρεται ως pay-per-bid ή discriminatory price. Η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι στην περίπτωση μας όπως είναι λογικό επιτρέπεται η αγορά μόνο ενός αγαθού (θέσης) από κάθε ενδιαφερόμενο.

Η επιλογή της κλειστής δημοπρασίας για την προσέγγιση του προβλήματος ενέχει τον αποκλεισμό κάθε πληροφορίας μεταξύ των συμμετεχόντων σχετικά με τις προσφορές τους. Αυτό σημαίνει πως οι συμμετέχοντες μέχρι την λήξη της δημοπρασίας δεν έχουν κάποια ένδειξη σχετικά με το ύψος των προσφορών και με την πιθανότητα αποδοχής της προσφοράς τους. Η μόνη πληροφορία που λαμβάνουν είναι αυτή της νίκης ή ήττας κατά την ανακοίνωση του αποτελέσματος. Στην πραγματικότητα ένας πελάτης θα επιθυμούσε να γνωρίζει πριν την λήξη της δημοπρασίας αν η προσφορά του είναι πλειοδοτική ή όχι ώστε να αναπροσαρμόσει την προσφορά του αν επιθυμεί.

Στην περίπτωση της ανατροφοδότησης των χρηστών, κρίνεται προτιμότερο να μην υφίσταται η δυνατότητα μείωσης ή ακύρωσης προσφοράς από πλευράς του χρήστη. Κάθε ενημέρωση πάνω στην τρέχουσα κατάσταση αποτελεί εν μέρει και έναν καινούριο γύρο. Επομένως ακύρωση ενός πονταρίσματος εκ μέρους ενός χρήστη θα μπορούσε να επιφέρει αλλαγή από απόρριψη σε αποδοχή για κάποιον άλλον χρήστη. Η εξέλιξη αυτή θα μπορούσε να επιφέρει συγχύσεις σε ορισμένες περιπτώσεις. Επιθυμητή λειτουργία είναι η αλλαγή κατάστασης από απόρριψη σε αποδοχή να μπορεί να γίνεται μόνο με τη βούληση και ενέργεια του ίδιου του χρήστη, δηλαδή με την αύξηση προσφοράς.

Σε ότι αφορά την διαδικασία αυτή καθ' εαυτή, οι περιπτώσεις ανατροφοδότησης επαναλαμβάνουν μεν την εκτέλεση και τον υπολογισμό νικητών κάθε φορά, αλλά σπάνε την διαδικασία σε πολύ μικρά κομμάτια στα οποία κάθε φορά υπάρχει ένα έτοιμο υπολογισμένο σύνολο, το οποίο διορθώνεται για το μικρό κομμάτι των νέων προσφορών.

Η προτεραιότητα των ισοβαθμιών είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με την δημοπρασία. Η ευστάθεια του αλγορίθμου δίνει πάντα προτεραιότητα στην πρότερη κατάσταση χωρίς να χρειάζεται να προβλεφθεί κάποια άλλη συνθήκη κατά τις ισοβαθμίες. Στην κλειστή δημοπρασία ως πρότερη κατάσταση λαμβάνεται η σειρά αρχικής συμμετοχής στη δημοπρασία. Στην δημοπρασία με πληροφόρηση που προκύπτει μέσω της ανανέωσης του αλγορίθμου σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου, ως πρότερη κατάσταση λογίζεται η ήδη υπολογισμένη, η οποία συνεπάγεται τελικά στην προτεραιότητα της σειράς της τελευταίας συμμετοχής. Στην δημοπρασία με πληροφόρηση που προκύπτει από την περιοδική επανεκτέλεση του αλγορίθμου, για το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας ισχύει ό,τι και στην επανεκτέλεση σε κάθε νέο δεδομένο, δηλαδή η προτεραιότητα της αρχαιότερης τελευταίας προσφοράς. Ωστόσο, στις περιπτώσεις των περίπου ταυτόχρονων προσφορών, που υπολογίζονται στην ίδια εκτέλεση, ισχύει η προτεραιότητα στην θέση που είχαν οι συμμετέχοντες μετά το πέρας της προηγούμενης εκτέλεσης.

Στην ανοιχτή δημοπρασία ως ανακοινώσιμη τιμή κρίνεται η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για πλειοδοσία. Η κοινοποίηση της τιμής, εκτός από την διευκόλυνση, προσφέρει στους ενδιαφερόμενους και μεγαλύτερη σιγουριά σχετικά με το ποντάρισμά τους. Η γνώση ενός γενικού μέτρου σχετικά με το ύψος των προσφορών μπορεί να μεταφραστεί επίσης από την μεριά του χρήστη σε πιθανότητα νίκης ανάλογα με την προσφορά που θα επιλεγεί. Η πληροφορία αυτή βοηθά τους χρήστες να συμπεράνουν γρήγορα αν αξίζει να συμμετάσχουν στην δημοπρασία ή είναι προτιμότερο να αναζητήσουν μία εναλλακτική επιλογή στάθμευσης. Η γνώση της ελάχιστης τιμής εύλογα οδηγεί πολλούς χρήστες στη διατήρηση κοντινών προσφορών. Ταυτόχρονα ωστόσο εντείνει και τον ανταγωνισμό μεταξύ των ενδιαφερομένων. Επομένως δεν μπορεί να προκύψει ένα ασφαλές συμπέρασμα για το αν και πότε η κοινοποίηση τιμής επιφέρει λιγότερα ή περισσότερα έσοδα. Σε θεωρητικό επίπεδο η μέθοδος θεωρείται ισοδύναμη της κλειστής δημοπρασίας.

Το σύστημα αυτοματοποιημένου ποντάρισματος είναι ένα πολύ καλό εργαλείο εξοικονόμησης χρόνου για τους συμμετέχοντες καθώς δεν χρειάζεται να παρακολουθούν την εξέλιξη της δημοπρασίας, ούτε να ασχοληθούν ξανά με αυτήν σε περίπτωση που τεθούν εκτός της διεκδίκησης θέσης στάθμευσης, αφού έχουν δηλώσει ήδη το ύψος της τιμής μέχρι το οποίο ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν. Ο διαχωρισμός της διαδικασίας σε δύο μέρη, το γρήγορο και το εκτενές, αντιμετωπίζει αποτελεσματικά και κατανοητά το πρόβλημα. Το γρήγορο μέρος βοηθάει ώστε να εξοικονομηθεί ένα μέρος της διαδικασίας και να προετοιμαστούν σωστά τα δεδομένα ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει το εκτενές μέρος το οποίο έχει δομηθεί ώστε να είναι κατανοητό στη βασική του λειτουργία. Η διαδικασία λειτουργεί αντίστροφα σε σχέση με το ζητούμενο που είναι η εύρεση των  $P$  καλύτερων προσφορών. Ο αλγόριθμος αντίθετα, ξεκινάει από το τέλος, αποκλείοντας σταδιακά τους συμμετέχοντες μέχρι να περισσέψει η νικήτρια ομάδα των  $P$ .

Όπως και στη σύγκριση των οικονομικών αποτελεσμάτων των διαφορετικών μορφών δημοπρασιών, έτσι και για την χρήση του αυτοματοποιημένου πονταρίσματος υπάρχουν αντικρουόμενες συμπεριφορές. Η επιλογή χαμηλότερης μέγιστης τιμής από την εκτιμώμενη αξία μπορεί να οδηγήσει στην απόκτηση θέσης με μικρότερο αντίτιμο, ενώ η επιλογή εξ' αρχής της εκτιμώμενης αξίας μπορεί να οδηγήσει στην απόκτηση θέσης με υψηλότερο αντίτιμο αν ο ενδιαφερόμενος τεθεί εκτός υπερθεματισμού και επιλέξει να ξανασυμμετάσχει. Η ανάλογη ψυχολογική αντιμετώπιση μπορεί να επιφέρει και τα αντίστοιχα οικονομικά αποτελέσματα, τα οποία τελικά μπορούν να βγάλουν κερδισμένο τόσο τον πωλητή όσο και τον αγοραστή.

Η μεταφορά νίκης για την κράτηση θέσης σε επόμενες χρονοθυρίδες είναι μία μέθοδος που επιλύει το πρόβλημα της ανάγκης παρατεταμένης παραμονής στο χώρο στάθμευσης. Ωστόσο η μέθοδος δεν βελτιστοποιεί απόλυτα τα έσοδα της επιχείρησης, αλλά βελτιστοποιεί τα έσοδα για την δημοπρασία συμμετοχής και στην συνέχεια εφαρμόζει έναν τρόπο πληρωμής για τις επόμενες χρονοθυρίδες για τις οποίες ζητείται η παράταση παραμονής. Η κύρια ασάφεια της μεθόδου έγκειται στην κατάλληλη τιμή

πληρωμής, η οποία πρέπει να είναι δίκαιη τόσο για τον δημοπράτη, που επιθυμεί να μην έχει αρνητικό αντίκτυπο η εφαρμογή της κράτησης στα έσοδα του από τις επόμενες δημοπρασίες, όσο και για τον πελάτη που επιθυμεί να μην αναγκαστεί να πληρώσει περισσότερο από αυτό που εκτιμά. Η χρήση ως τιμής πληρωμής για κάθε επόμενη χρονοθυρίδα, της προσφοράς του συμμετέχοντα που κατέλαβε την ίδια θέση στην αντίστοιχη δημοπρασία αποτελεί την πιο δίκαια επιλογή, καθώς δείχνει να λαμβάνει υπόψη ισόβαθμα, τόσο τα ύψη προσφορών, όσο και την επίδραση στη ζήτηση από την κράτηση θέσης.

Η σωστή λειτουργία κάθε μοντέλου που παρουσιάστηκε προϋποθέτει την φραγή αποδοχής προσφορών κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του εκάστοτε αλγορίθμου. Υπενθυμίζεται πως η μεταφορά ενός αποδοτικού μοντέλου σε ένα ρεαλιστικό προγραμματιστικό περιβάλλον περιέχει διαφοροποιήσεις, δυσκολίες και τεχνικές λεπτομέρειες που απέχουν αρκετά από τον χαρακτήρα της λογικής προσέγγισης και επίλυσης ενός προβλήματος. Αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας αποτελεί η πρόταση, η επίλυση αποδοτικών μοντέλων, η λογική τους λειτουργία και όχι η υλοποίηση από αρχής μέχρι τέλους με κάθε λεπτομέρεια μίας αντίστοιχης ψηφιακής εφαρμογής.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 10.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η ανάπτυξη των μοντέλων δημοπρασίας αποτελεί μία πρόταση εναλλακτικού τρόπου διάθεσης των θέσεων στάθμευσης. Μέσα από τον δυναμικό αυτόν μηχανισμό, η επιχείρηση στάθμευσης αποσκοπεί στην αύξηση των κερδών της σε ώρες αιχμής και σε αύξηση της ζήτησης στις ώρες χαμηλής ζήτησης. Οι πελάτες από την άλλη ευελπιστούν στην αγορά θέσης σε χαμηλότερη τιμή μέσω της αξιοποίησης των ωρών χαμηλής ζήτησης και την προσαρμογή του προγραμματισμού μετακίνησης τους προς εκείνες τις ώρες με τη βοήθεια και της πληροφόρησης που μπορούν να λάβουν από την κατάσταση μιας δημοπρασίας. Τα τελικά οικονομικά αποτελέσματα μπορούν να γίνουν εν τέλει αντιληπτά μόνο από την πειραματική εφαρμογή ενός μοντέλου. Οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει κάθε επιχείρηση στάθμευσης ποικίλουν και μπορούν να έχουν να κάνουν με χαρακτηριστικά τόσο της περιοχής, του καταναλωτικού κοινού, των ίδιων των θέσεων ως υπηρεσία και των επιδιώξεων της επιχείρησης. Επομένως κάθε μοντέλο σίγουρα θα χρειάζεται κάποια προσαρμογή προσανατολισμένη στην ανάλογη περίπτωση.

Ένας βασικός άξονας διαφοροποίησης είναι η προσθήκη τιμής άμεσης αγοράς. Αυτό σημαίνει πως μία επιχείρηση μπορεί να δίνει την δυνατότητα στους πελάτες της να μπορούν να αγοράσουν θέση είτε μέσω δημοπρασίας είτε μέσω του παραδοσιακού τρόπου. Στη παράλληλη λειτουργία, τα στοιχεία που προκύπτουν από την ζήτηση της δημοπρασίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως βάση ώστε ο συμβατικός τρόπος διάθεσης να πραγματοποιείται ταυτόχρονα με δυναμική τιμολόγηση. Αγοράζοντας μία θέση με τον παραδοσιακό τρόπο διάθεσης συνεπάγεται ταυτόχρονα και μείωση των διαθέσιμων θέσεων, οι οποίες θα πρέπει να ανανεώνονται στην δημοπρασία, εκτός και αν η διαφοροποίηση του τρόπου διάθεσης εφαρμόζεται σε χωριστά ανεξάρτητα τμήματα του χώρου στάθμευσης. Αντίστοιχα, θα μπορούσε επίσης

μία επιχείρηση να λειτουργεί με τον συμβατικό τρόπο και μόνο όταν οι διαθέσιμες θέσεις υποχωρήσουν κάτω από ένα όριο να ενεργοποιείται η λειτουργία της δημοπρασίας. Αντίθετα, οι επιχειρήσεις που επιθυμούν να λειτουργούν μονίμως με καθεστώς δημοπράτησης, μπορούν να θέτουν μία ελάχιστη τιμή που να αντιστοιχεί στην τιμή που θα έθεταν ως τιμή άμεσης αγοράς, είτε να αφήνουν ελεύθερη την συμμετοχή επιδιώκοντας η πολύ χαμηλή τιμή να επιφέρει αύξηση της ζήτησης και καλύτερα έσοδα στις ώρες όπου εμφάνιζαν χαμηλή πληρότητα.

Η λειτουργία μιας δημοπρασίας θα πρέπει να εφαρμόζεται πάντα και με ένα περιθώριο ασφαλείας ως προς τις θέσεις, που θα προνοεί την αντιμετώπιση τυχόν δυσμενών καταστάσεων. Στη συμβατική λειτουργία ένας πελάτης που εισέρχεται στον χώρο στάθμευσης έχει εξασφαλίσει την θέση του και μπορεί να αποχωρήσει όποτε επιθυμεί. Στην λειτουργία με δημοπρασία όμως, που αποτελεί μία μορφή κράτησης, ο πελάτης κλείνει τόσο την ώρα επιτρεπόμενης εισόδου όσο και την ώρα υποχρεωτικής αποχώρησης. Αυτό θα προκαλεί προβλήματα σε κάποιες περιπτώσεις, καθώς σίγουρα θα υπάρχουν καθυστερημένοι πελάτες που δεν αποχώρησαν έγκαιρα από τον χώρο, αλλά παρέτειναν μονομερώς την παραμονή τους. Στις περιπτώσεις αυτές, αν πρόκειται για ώρες όπου υφίσταται πληρότητα, αυτό σημαίνει πως κάποιος άλλος πελάτης που θα έπρεπε να εισέλθει στον χώρο θα βρεθεί εκτεθειμένος. Επομένως, εκτός της πρόβλεψης για μία τιμή ποινής που θα πρέπει να εφαρμόζεται στους πελάτες με καθυστερημένη αποχώρηση, θα πρέπει να προβλέπεται και τι θα συμβαίνει ως προς τις θέσεις οι οποίες θα είναι πλήρεις. Μία σίγουρη λύση είναι να υπάρχει πάντα ένα περιθώριο κενών θέσεων για αυτές τις στιγμές ανάγκης. Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί και με την μείωση των θέσεων της δημοπρασίας κατά την στιγμή της λήξης αν ταυτοποιηθεί καθυστερημένη αποχώρηση, με την προϋπόθεση πάντα ότι οι δημοπρασίες λήγουν ταυτόχρονα ή πολύ κοντά στην στιγμή της έναρξης της ενοικίασης.

Διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά των θέσεων (π.χ. στέγαση, μέγεθος) μπορούν να επιφέρουν επίσης διαφοροποιήσεις στην τιμολόγηση, οι οποίες φυσικά θα έπρεπε με κάποιον τρόπο να λαμβάνονται υπόψη και στα πλαίσια της δημοπρασίας.

## 10.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΗΜΟΠΡΑΣΙΑΣ

Η εφαρμογή της κράτησης με διεξαγωγή διαφορετικών δημοπρασιών αντιμετωπίζει το πρόβλημα της παραμονής στο χώρο στάθμευσης, χωρίς ωστόσο να ακολουθείται από κάποιο σίγουρο αποδοτικό και δίκαιο μοντέλο προσδιορισμού των τιμών. Βασικό κριτήριο στην διεξαγωγή των δημοπρασιών είναι το κέρδος της επιχείρησης. Μία δημοπρασία αναλαμβάνει την βελτιστοποίηση των εσόδων για την συγκεκριμένη χρονοθυρίδα στην οποία αντιστοιχεί. Ωστόσο η εφαρμογή κράτησης συνεπάγεται ζήτηση και έσοδα και για επόμενες χρονοθυρίδες. Η βελτιστοποίηση σ' αυτή την περίπτωση ισχύει για την χρονοθυρίδα της δημοπρασίας, δηλαδή την πρώτη χρονοθυρίδα ενδιαφέροντος. Για της επόμενες χρονοθυρίδες ενδιαφέροντος αναζητείται ένας δίκαιος τρόπος υπολογισμού του αντιτίμου.

Σε ένα πλήρες δίκαιο σύστημα θα έπρεπε κατά τον υπολογισμό των νικητών μιας χρονοθυρίδας να είναι γνωστή η μελλοντική ζήτηση των επόμενων χρονοθυρίδων, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί αν είναι βέλτιστη η νίκη ενός συμμετέχοντα με κράτηση, ή αν προκύπτει προκατάληψη, είτε υπέρ είτε κατά του νικητή. Για να μπορεί να συνυπολογιστεί η μελλοντική ζήτηση μέχρι και μία χρονοθυρίδα  $t+n$ , συμπεραίνουμε πως η δημοπρασία  $t$  θα πρέπει να λήγει ταυτόχρονα με την  $t+n$ , ώστε να είναι γνωστές οι επόμενες προσφορές. Η σκέψη αυτή μας οδηγεί στην πρόταση για μελλοντική έρευνα ενός ενιαίου μοντέλου δημοπράτησης, όχι σε ξεχωριστές δημοπρασίες, αλλά όλων των χρονοθυρίδων μαζί πλέον.

Ορίζουμε τη συμμετοχή στη δημοπρασία με εκδήλωση ενδιαφέροντος για οποιαδήποτε χρονοθυρίδα  $t$  σε διάστημα λειτουργίας μίας ημέρας, δηλαδή για  $T$  διαθέσιμες χρονοθυρίδες. Κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να επιλέξει το συνολικό ποσό που επιθυμεί να πληρώσει και τις επιθυμητές χρονοθυρίδες. Δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο μία συλλογή χρονοθυρίδων  $s_i$  για τον συμμετέχοντα  $b_i$  που συνοδεύεται από

την προσφορά  $m_i$ . Η κάθε συλλογή πρέπει είτε να απορριφθεί είτε να γίνει αποδεκτή στο σύνολό της. Η μορφή αυτή αντιστοιχεί σε μία συνδυαστική δημοπρασία.

Ορίζουμε μία παράμετρο:

$$d_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{αν η συλλογή } s_i \text{ περιέχει την χρονοθυρίδα } t \\ 0, & \text{αν δεν την περιέχει} \end{cases}$$

Ορίζουμε την μεταβλητή:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{αν η συλλογή } s_i \text{ γίνεται αποδεκτή από τον δημοπράτη} \\ 0, & \text{αν απορρίπτεται} \end{cases}$$

Το πρόβλημα επιλογής νικητών περιγράφεται ως εξής:

- Βρες την τον καλύτερο συνδυασμό συλλογών χρονοθυρίδων που πρέπει να γίνουν αποδεκτές από την επιχείρηση στάθμευσης ώστε να μεγιστοποιούνται τα έσοδά της.

Η μαθηματική περιγραφή του προβλήματος:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} && \sum_{i=1}^B m_i x_i \\ & \text{Subject to:} && \sum_{i=1}^B d_i(t) x_i \leq P, \quad t = 1, 2, \dots, T \\ & && x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, B \end{aligned}$$

Η αντικειμενική συνάρτηση αντιπροσωπεύει τα συνολικά έσοδα της επιχείρησης, ενώ ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός διατεθειμένων θέσεων ισούται με  $\sum_{i=1}^B d_i(t)x_i$ . Το πρόβλημα επιλογής των νικητών είναι ένα δύσκολο πρόβλημα συνδυαστικής (διακριτής) βελτιστοποίησης, που σχετίζεται με την αναζήτηση της αποτελεσματικότερης κατανομής περιορισμένων πόρων, δηλαδή θέσεων στάθμευσης, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τις μεταβλητές  $d_i(t)$ . Το σύνολο λύσεων είναι πεπερασμένο αλλά πολύ μεγάλο και αναζητείται μία λύση στην οποία οι μεταβλητές μπορούν να πάρουν μόνο διακριτές τιμές και συγκεκριμένα δυαδικές. Η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί είναι γραμμικές συναρτήσεις, επομένως πρόκειται για ένα πρόβλημα γραμμικού δυαδικού ακέραιου προγραμματισμού.

**Πίνακας 10.1** Μορφή δεδομένων συνδυαστικής δημοπρασίας.

$b_i$	$m_i$	$d_i(1)$	$d_i(2)$	$d_i(3)$	...	$d_i(T)$
1	$m_1$	0 / 1	0 / 1	0 / 1	...	0 / 1
2	$m_2$	0 / 1	0 / 1	0 / 1	...	0 / 1
3	$m_3$	0 / 1	0 / 1	0 / 1	...	0 / 1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
B	$m_B$	0 / 1	0 / 1	0 / 1	...	0 / 1

→  $s_1$

↓

$\sum_{i=1}^B d_i(2)$

Τα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης μπορούν να λυθούν με ακριβείς ή ευρετικούς αλγόριθμους. Οι ακριβείς αλγόριθμοι βρίσκουν πάντα την βέλτιστη λύση εξετάζοντας το σύνολο όλων των εφικτών λύσεων. Η εφαρμογή ακριβών αλγορίθμων περιορίζεται από τον χρόνο που χρειάζεται ο υπολογιστής για να ανακαλύψει την

βέλτιστη λύση. Στις περιπτώσεις όπου ο αριθμός των ακέραιων μεταβλητών είναι πολύ μεγάλος, η ανακάλυψη της βέλτιστης λύσης καθίσταται πολύ δύσκολη αν όχι ανέφικτη. Οι ευρετικοί αλγόριθμοι είναι προσεγγιστικές μέθοδοι οι οποίες περιορίζονται στη σάρωση «περιοχών λύσεων» ικανοποιητικής ποιότητας και χρησιμοποιούνται σ' αυτές τις περιπτώσεις για την εύρεση μίας καλής αποδεκτής λύσης. Διαχωρίζονται σε δύο τμήματα στο κατασκευαστικό και στο βελτιωτικό (τοπικής αναζήτησης). Στο κατασκευαστικό κομμάτι παράγουν μια αρχική λύση, που στη συνέχεια στο βελτιωτικό, χρησιμοποιώντας εναλλακτικές τεχνικές ανταλλαγής τμημάτων μεταξύ των λύσεων, δημιουργούν νέα βελτιωμένα αποτελέσματα. Παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από μόνες τους επειδή μπορούν πολύ γρήγορα να παράγουν καλές λύσεις αλλά και επειδή αποτελούν συστατικά μεθευριστικών αλγορίθμων. Ένας καλός ευρετικός αλγόριθμος θα πρέπει να παράγει ποιοτικές λύσεις σε εύλογο υπολογιστικό χρόνο.

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι “Greedy” (κατασκευαστικοί αλγόριθμοι απληστίας) δομούν βηματικά την λύση του υπό εξέταση προβλήματος λαμβάνοντας μία τοπικά βέλτιστη απόφαση σε κάθε βήμα. Ο αλγόριθμος καταχωρεί κάθε φορά μία τιμή σε μία από τις μεταβλητές με σκοπό τη βελτίωση της αντικειμενικής συνάρτησης. Σε κάθε βήμα αναζητείται η βέλτιστη λύση βάσει της τοπικά διαθέσιμης πληροφορίας, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη μελλοντικά κόστη και συνέπειες. Ένας απλός “Greedy” αλγόριθμος θα μπορούσε να δομηθεί ως εξής.

Ο συνολικός αριθμός χρονοθυρίδων για τις οποίες καταθέτει προσφορά ένας συμμετέχων είναι:

$$D_i = \sum_{t=1}^T d_i(t)$$

Η πληρωτέα τιμή ενός συμμετέχοντα για κάθε χρονοθυρίδα προκύπτει:

$$u_i = \frac{m_i}{D_i} = \frac{m_i}{\sum_{t=1}^T d_i(t)}$$

Η λίστα με τα  $u_i$  δημιουργείται και ταξινομείται σε φθίνουσα σειρά. Η κατανομή των διαθέσιμων θέσεων στάθμευσης μπορεί να γίνει σύμφωνα με την ακόλουθη λίστα επιλέγοντας κάθε φορά τον πιο αποδοτικό συμμετέχοντα και ανανεώνοντας τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων.

Το πρόβλημα επιλογής των νικητών μπορεί να αντιμετωπιστεί επίσης με μεθευρετικές τεχνικές, οι οποίες εξετάζουν το υποσύνολο των λύσεων, ώστε να βρουν καλές λύσεις χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό κατασκευαστικών και βελτιωτικών ευρετικών αλγορίθμων. Γνωστοί μεθευρετικοί αλγόριθμοι βασίζονται σε τεχνικές τοπικής αναζήτησης (π.χ. Tabu search) ή σε αναζήτηση πληθυσμού (γενετικοί αλγόριθμοι).

Η συνδυαστική δημοπρασία μπορεί να λειτουργήσει είτε ως δημοπρασία ενός γύρου, είτε ως πολλαπλών γύρων, όπου σε κάθε γύρο οι συμμετέχοντες λαμβάνουν την πληροφόρηση σχετικά με την αποδοχή ή απόρριψη των προσφορών τους. Στην περίπτωση των πολλαπλών γύρων ο αλγόριθμος θα πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά, όπως συνέβαινε στην απλή δημοπρασία. Λόγω της μεγαλύτερης δυσκολίας του υπολογισμού, η διαδικασία δεν θα πρέπει να θεωρείται συνεχής, αλλά να ανανεώνεται σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα που να επιτρέπει στους συμμετέχοντες να αλλάξουν τις αποφάσεις τους, π.χ. κάθε μισή ώρα. Κατά το διάστημα υπολογισμού νικητών ο μηχανισμός καταχώρησης προσφορών θα πρέπει να είναι κλειστός και οι τελικοί νικητές θα προκύπτουν κατά την τελευταία καθοριστική εκτέλεση. Ανάλογα με την μέθοδο υλοποίησης, η βελτιστοποίηση μπορεί να εφαρμόζεται κάθε φορά σε σχέση με τις νέες προσφορές που προέκυψαν από την τελευταία εκτέλεση, μειώνοντας έτσι τον χρόνο υπολογισμού.

Η βασική αυτή ιδέα μπορεί να επεκταθεί σε ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα, όπου κάθε μέρα προκύπτουν μία φορά νικητές. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στους πελάτες να κλείνουν θέσεις σε καλύτερες τιμές ανάλογα με το πόσο νωρίς εισέρχονται στην δημοπρασία, καθώς όσο μεταγενέστερες είναι οι ημέρες

ενδιαφέροντος, τόσο μικρότερη είναι η ζήτηση. Το μοντέλο αυτό μπορεί να λειτουργήσει δίνοντας επίσης την δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να καταθέτουν πολλαπλές προσφορές για διαφορετικές συλλογές χρονοθυρίδων με την προϋπόθεση να μπορεί να γίνει μόνο μία συλλογή αποδεκτή.

Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε συμμετέχων  $b_i$  θα πρέπει να μπορεί να καταθέσει  $j$  προσφορές και επομένως η κάθε συλλογή θα είναι πλέον:

$$s_{i,j}$$

Η αντίστοιχη προσφορά για την συγκεκριμένη συλλογή  $s_{i,j}$  θα είναι:

$$m_{ij}$$

Ο συνολικός αριθμός προσφορών-συλλογών από έναν συμμετέχοντα  $b_i$  :

$$J(i)$$

Η αντίστοιχη παράμετρος που υποδεικνύει το ενδιαφέρον για μία χρονοθυρίδα:

$$d_{ij}(t) = \begin{cases} 1, & \text{αν η συλλογή } s_{ij} \text{ περιέχει την χρονοθυρίδα } t \\ 0, & \text{αν δεν την περιέχει} \end{cases}$$

Η μεταβλητή απόφασης:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{αν η συλλογή } s_{ij} \text{ γίνεται αποδεκτή από τον δημοπράτη} \\ 0, & \text{αν απορρίπτεται} \end{cases}$$

Και το πρόβλημα επιλογής των νικητών γίνεται:



$$\begin{aligned}
 &\text{Maximize} && \sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^{J(i)} m_{ij} x_{ij} \\
 &\text{Subject to:} && \sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^{J(i)} d_{ij}(t) x_{ij} \leq P, \quad t = 1, 2, \dots, T \\
 &&& \sum_{j=1}^{J(i)} x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, B \\
 &&& x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, B
 \end{aligned}$$

Η συνδυαστική δημοπρασία που προτείνεται αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον μοντέλο, το οποίο λαμβάνει δίκαια υπ' όψη τα μελλοντικά κόστη. Η πληθώρα των διαθέσιμων τρόπων επίλυσης ορίζει την ανάγκη εκτενέστερης ανάλυσης για την αναζήτηση του αποδοτικότερου τρόπου και το καθιστά ένα πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο μελλοντικής έρευνας.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Shoup, D. (2005). "The High Cost of Free Parking", American Planning Association, ISBN: 1884829988
2. Shoup, D. (2007). "Gone Parkin'", Op-Ed page of The New York Times, March 29, 2007, A25.  
Available online: <http://www.nytimes.com/2007/03/29/opinion/29shoup.html>
3. White S., P. (2007) "No Vacancy: Park Slope's Parking Problem and How to Fix it", Transportation Alternatives [Case study]
4. Dowling, C., Fiez, T., Ratliff, L., Zhang, B. (2017). "How Much Urban Traffic is Searching for Parking?"  
arXiv: 1702.06156
5. Shoup, C., D. (2006). "Cruising for Parking", Transport Policy, 13, 479-486.  
doi: 10.1016/j.tranpol.2006.05.005
6. Duta, R. (2007). United States Patent No. US7181426B2  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US7181426B2>
7. Levy, G., Aizenbud, Y. (2016). United States Patent Application Publication No. US20160253748A1.  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US20160253748A1>
8. Noor, S., Hasan, R., Arora A. (2017). "ParkBid: An Incentive Based Crowdsourced Bidding Service for Parking Reservation", 2017 IEEE International Conference on Services Computing (SCC), Honolulu, HI, 60-67.

doi: 10.1109/SCC.2017.16

9. Pearl, M. (2011). United States Patent No. US7956769B1  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US7956769>
10. Rassenti, S., J., Smith, V., L., Bulfin, R., L. (1982). “A Combinatorial Auction Mechanism for Airport Time Slot Allocation”, *Bell Journal of Economics*, 13(2), 402-417.  
doi: 10.2307/3003463
11. Teodorović, D., Triantis, K., Edara, P., Zhao, Y., Mladenovic, S. (2008).  
“Auction-Based Congestion Pricing”, *Transportation Planning and Technology*, 31(4), 399-416.  
doi: 10.1080/03081060802335042
12. Stefik, M., J, Bell, A., Eldershaw, C., Good, L., Greene, D., Torres, F., E., Uckun, S., Cummins, D., P., Hoover, R., P., Krivacic, R., T. (2014). United States Patent No. US8671014B2  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US8671014B2>
13. Katehakis, M., Puranam, S., K. (2012). “On Optimal Bidding in Sequential Procurement Auctions”, *Operations Research Letters*, 40(4), 244-249.  
doi: 10.1016/j.orl.2012.03.012
14. Monostori, Z. (2014). “Discriminatory Versus Uniform-Price Auctions”, *MNB Occasional Papers*, 111, Magyar Nemzeti Bank, Budapest  
Available online: <https://www.mnb.hu/letoltes/op111-final.pdf>
15. Wittwer, M. (2018). “Pay-as-Bid Auctions in Theory and Practice”, Department of Economics - European University Institute [Thesis]

- doi: 10.2870/355900
16. De Vries, S., Vohra, R. (2003). "Combinatorial Auctions: A survey", *INFORMS Journal on Computing*, 15(3), 284–309.  
doi: 10.1287/ijoc.15.3.284.16077
17. Devi, R., S., S., Kumar, V., R., V., Sridevi, S. (2017). "Application Development for Reservation Based Parking Slot Allotment and Management System Using Android", 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, 1-5.  
doi: 10.1109/ICIIECS.2017.8275983
18. Hongwei, W., Wenbo, H. (2011). "A Reservation-Based Smart Parking System", 2011 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Shanghai, 690-695.  
doi: 10.1109/INFCOMW.2011.5928901
19. Chen, K., R., Lee, C., C., Huang, C., H. (2007). United States Patent Application Publication No. US2007012997A1  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US20070129974A1>
20. Ndayisaba, C. (2016) "Online Vehicle Parking Reservation System", School of Computer Science and Information Technology, Kampala University [Case study]  
Available online: [https://www.academia.edu/36300437/online\\_vehicle\\_parking\\_reservation\\_system](https://www.academia.edu/36300437/online_vehicle_parking_reservation_system)
21. Baitalmal, A., M. (2015). "Mobile Application Based Parking Reservation System", School of Electrical Engineering and Computer Science, Faculty of

- Engineering, University of Ottawa [Thesis]
22. Hammami F., Rekik M., Leandro C. (2019). “Exact and Heuristic Solution Approaches for the Bid Construction Problem in Transportation Procurement Auctions With a Heterogeneous Fleet”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 150-177.  
doi: 10.1016/j.tre.2019.05.009
23. Kato, Y. (2011). Japan Patent Application Publication No. JP2003263662A  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/JP2003263662A>
24. Tian, Q., Yang, L., Wang, C., Huang, H., J. (2018) “Dynamic Pricing for Reservation-Based Parking System: A Revenue Management Method”, *Transport Policy*, 71, 36-44.  
doi: 10.1016/j.tranpol.2018.07.007
25. Li, F., Hindi, H., Greene, D., H., Sun, Y., A. (2014). United States Patent Application Publication No. US20140122375A1  
Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US20140122375A1>
26. Hina, K., Kavitha, K., Shoney, S. (2015). “Reservation Based Parking System with Dynamic Slot Allocation”, *International Journal of Scientific Research Publications*, 5(3), 388-392
27. Kokolaki, E., Karaliopoulos, M., Stavrakakis, I. “Trading Public Parking Space” *Proceeding of IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks 2014, Sydney, NSW, 2014*, 1-6.  
doi: 10.1109/WoWMoM.2014.6918990
28. Zhibin, C., Yafeng, Y., Fang, H., Jane, L., L. (2015). “Parking Reservation for

29. Managing Downtown Curbside Parking”, Transportation Research Record, 2498(1), 12–18.  
doi: 10.3141/2498-02
30. Renuka, R., Dhanalakshmi, S. (2015). “Android Based Smart Parking System Using Slot Allocation and Reservations”, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10(7), 3116-3120.  
doi: 10.15680/IJIRCCE.2016.0409022
31. Zeithammer, R., (2007). “Strategic Bid-Shading and Sequential Auctioning with Learning from Past Prices”, Management Science, 53(9), 1510-1519.  
doi 10.1287/mnsc.1070.0691
32. Nautz, D., Wolfstetter, E. (1997). “Bid Shading and Risk Aversion in Multi-Unit Auctions with Many Bidders”, Economics Letters, 56(2), 195-200.  
doi: 10.1016/S0165-1765(97)81900-3
33. Avery, C. (1998). "Strategic Jump Bidding in English Auctions". Review of Economic Studies, 65(2), 185-210.  
doi:10.1111/1467-937x.00041
34. Kagel, J., H., Levin, D., Battalio, C., R., Meyer, J., D. (1989). “First-Price Common Value Auctions: Bidder Behavior and the Winner’s Curse”, Economic Inquiry, 27(2), 241-258.  
doi: 10.1111/j.1465-7295.1989.tb00780.x
35. Μορφουλάκη, Μ., Κοτούλα, Κ., Μ. (2014). “Ολοκληρωμένο Σύστημα για την Ασφαλή Μεταφορά Μαθητών - 2.2 Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης”, ΕΚΕΤΑ – IMET –EM – B – 2014 – 14  
Available online: [http://www.i-student.gr/Portals/0/Deliverables/D2\\_2.pdf](http://www.i-student.gr/Portals/0/Deliverables/D2_2.pdf)

36. “Auction”, Wikipedia  
Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Auction>
37. “Auction theory”, Wikipedia  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Auction\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Auction_theory)
38. “Bid shading”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bid\\_shading](https://en.wikipedia.org/wiki/Bid_shading)
39. “Jump bidding”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Jump\\_bidding](https://en.wikipedia.org/wiki/Jump_bidding)
40. “Winner’s curse”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Winner%27s\\_curse](https://en.wikipedia.org/wiki/Winner%27s_curse)
41. “Calor licitantis”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Calor\\_licitantis](https://en.wikipedia.org/wiki/Calor_licitantis)
42. “Combinatorial auction”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorial\\_auction](https://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorial_auction)
43. “Sorting algorithm” Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sorting\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Sorting_algorithm)
44. “Bubble sort”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bubble\\_sort](https://en.wikipedia.org/wiki/Bubble_sort)
45. “Insertion sort”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Insertion\\_sort](https://en.wikipedia.org/wiki/Insertion_sort)

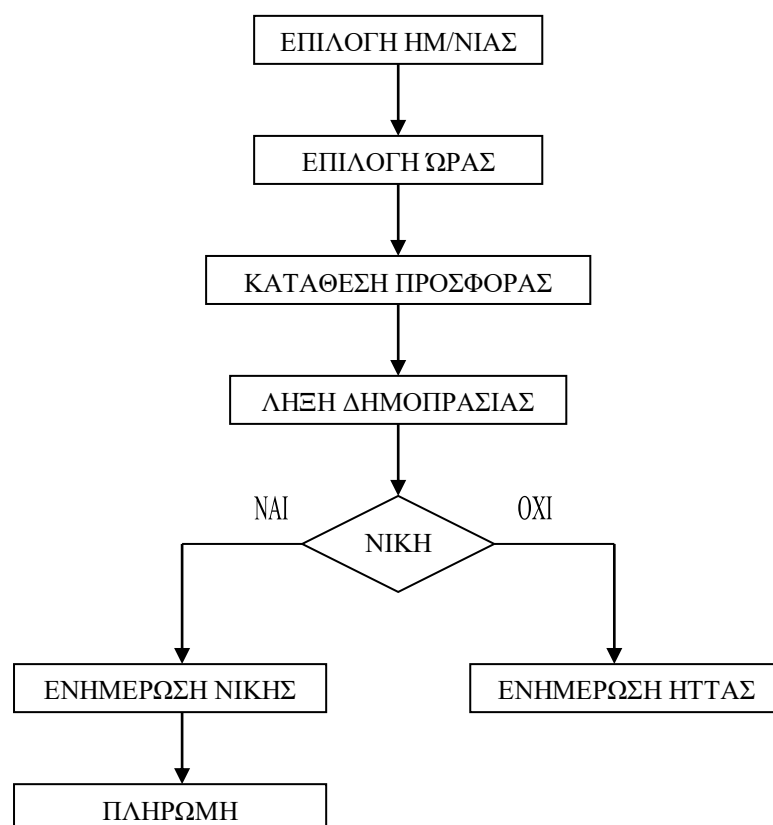


46. “Graphical user interface”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical\\_user\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_user_interface)
47. “Combinatorial optimization”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorial\\_optimization](https://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorial_optimization)
48. “Linear programming”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_programming](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_programming)
49. “Integer programming”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Integer\\_programming](https://en.wikipedia.org/wiki/Integer_programming)
50. “Exact algorithm”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Exact\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Exact_algorithm)
51. “Genetic algorithm”, Wikipedia  
Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_algorithm)
52. “Metaheuristic”, Wikipedia  
Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaheuristic>
53. “Ακέραιος Προγραμματισμός & Συνδυαστική Βελτιστοποίηση”  
Available from: [http://www.mie.uth.gr/ekp\\_yliko/AKEPAIOSΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣΚ1.pdf](http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/AKEPAIOSΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣΚ1.pdf)

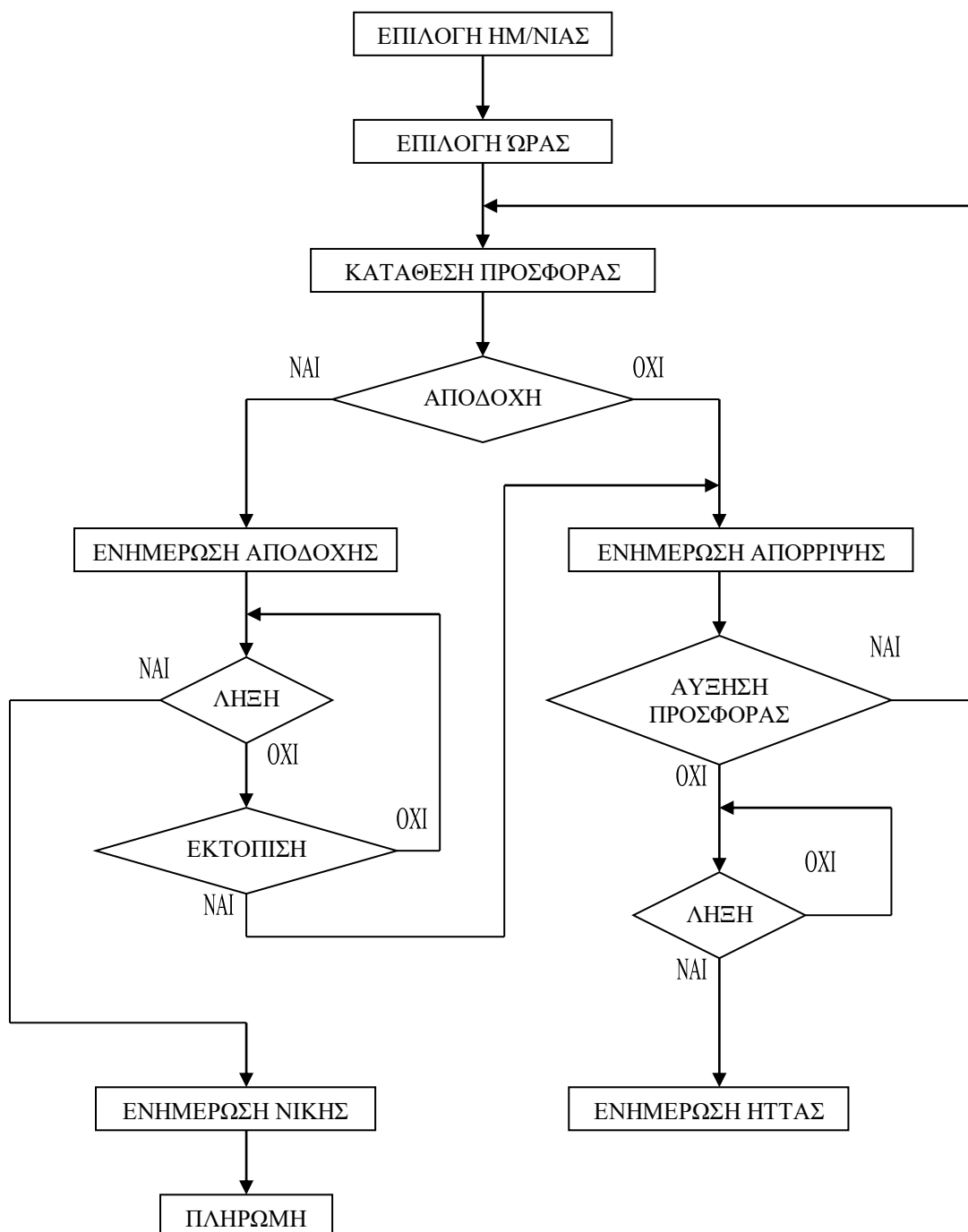


## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

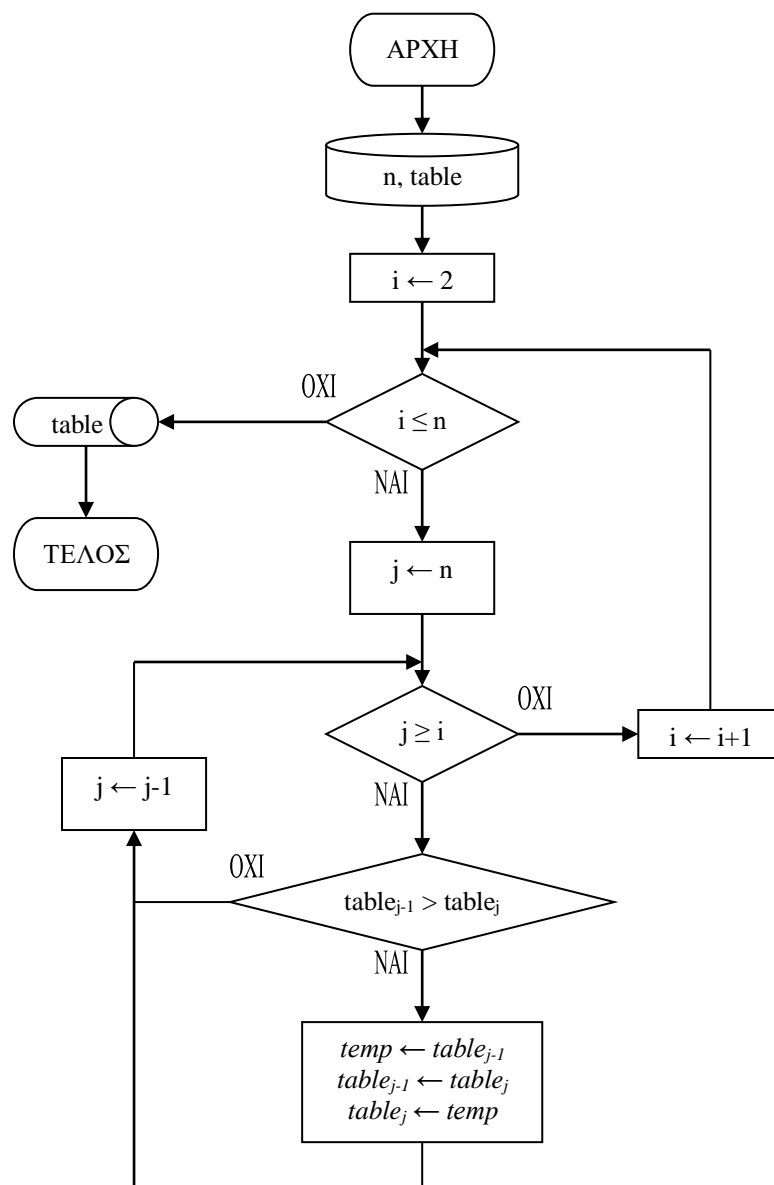
*Διάγραμμα 11.1 Λογικό διάγραμμα ροής βημάτων συμμετοχής στην κλειστή δημοπρασία.*



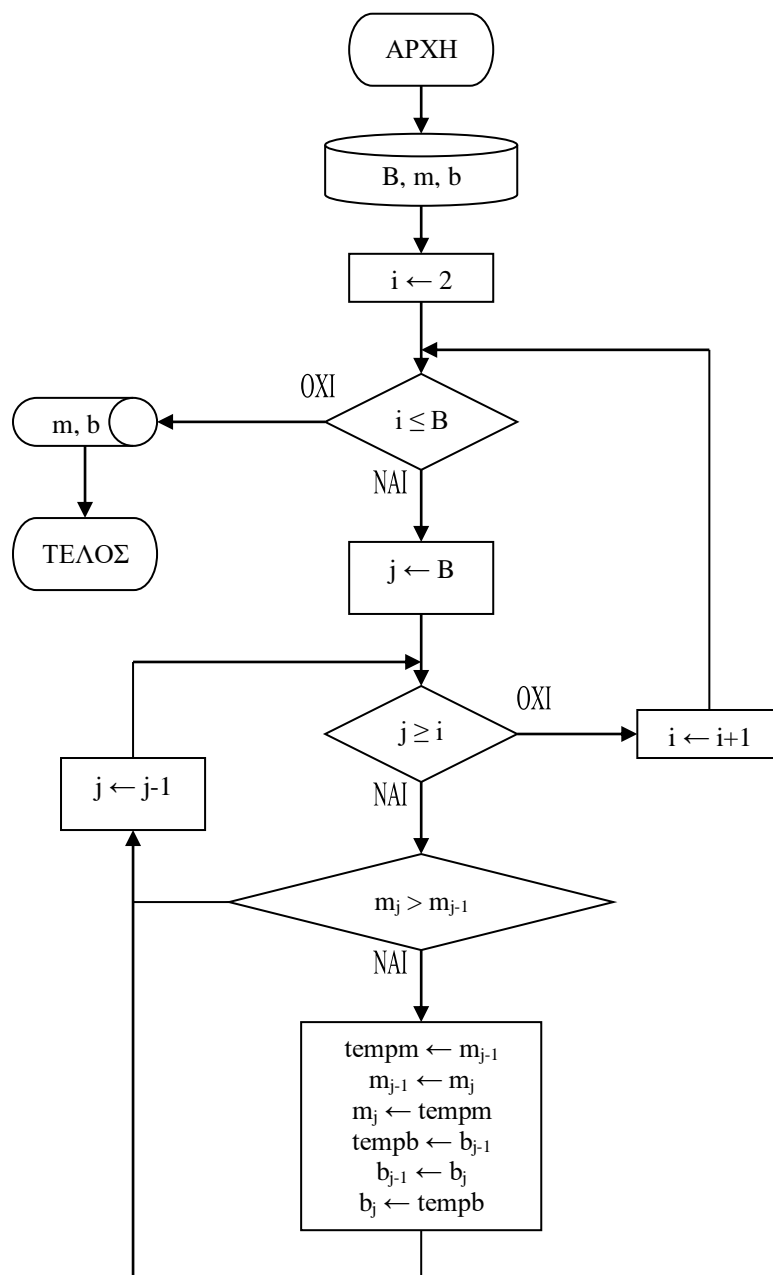
**Διάγραμμα 11.2** Λογικό διάγραμμα ροής βημάτων συμμετοχής σε δημοπρασία με πληροφόρηση απόρριψης / αποδοχής.



Διάγραμμα 11.3 Αλγόριθμος κλασικής ταξινόμησης φουσαλίδας.



Διάγραμμα 11.4 Ο βασικός αλγόριθμος ταξινόμησης προσαρμοσμένος στα δεδομένα της εφαρμογής.



**Αλγόριθμος** Αναθεώρηση\_με\_πλήρη\_σάρωση\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

**Δεδομένα** // B, m, b, c //

**Για** i από B-1 μέχρι 2 με\_βήμα -1

**Αν** m[i] > m[i-1] **τότε**

tempm ← m[i-1]

m[i-1] ← m[i]

m[i] ← tempm

tempb ← b[i-1]

b[i-1] ← b[i]

b[i] ← tempb

**Τέλος\_αν**

**Τέλος\_επανάληψης**

**Αποτελέσματα** // m, b, c //

**Τέλος** Αναθεώρηση\_με\_πλήρη\_σάρωση\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

**Αλγόριθμος** Αναθεώρηση\_με\_ανίχνευση\_θέσης\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

**Δεδομένα** // B, m, b, c //

i ← B-1

**Όσο** i > 1 **και** m[i] ≤ m[i-1] **επανάλαβε**

i ← i-1

**Τέλος\_επανάληψης**

**Όσο** i > 1 **και** m[i] > m[i-1] **επανάλαβε**

tempm ← m[i-1]

m[i-1] ← m[i]

m[i] ← tempm

tempb ← b[i-1]

b[i-1] ← b[i]

b[i] ← tempb

i ← i-1

**Τέλος\_επανάληψης**

**Αποτελέσματα** // m, b, c //

**Τέλος** Αναθεώρηση\_με\_ανίχνευση\_θέσης\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

*Αλγόριθμος* Νέες\_προσφορές\_με\_αντιμεταθέσεις\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

*Δεδομένα* //  $P, B, m, b, c$  //

*Αν*  $B > P$  *τότε*

$c[B] \leftarrow 0$

*Αλλιώς*

$c[B] \leftarrow 1$

*Τέλος\_αν*

$i \leftarrow B$

*Όσο*  $i > 1$  *και*  $m[i] > m[i-1]$  *επανάλαβε*

$tempm \leftarrow m[i-1]$

$m[i-1] \leftarrow m[i]$

$m[i] \leftarrow tempm$

$tempb \leftarrow b[i-1]$

$b[i-1] \leftarrow b[i]$

$b[i] \leftarrow tempb$

$i \leftarrow i-1$

*Τέλος\_επανάληψης*

*Αποτελέσματα* //  $m, b, c$  //

*Τέλος* Νέες\_προσφορές\_με\_αντιμεταθέσεις\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

*Αλγόριθμος* Νέες\_προσφορές\_με\_εισαγωγή\_για\_ανανέωση\_ανά\_νέο\_δεδομένο

*Δεδομένα* //  $P, B, m, b, c$  //

*Αν*  $B > P$  *τότε*

$c[B] \leftarrow 0$

*Αλλιώς*

$c[B] \leftarrow 1$

*Τέλος\_αν*

$i \leftarrow B$

*Όσο*  $m[i-1] < m[B]$  *επανάλαβε*

$i \leftarrow i-1$

*Τέλος\_επανάληψης*

*Αν*  $i < B$  *τότε*

$tempm \leftarrow m[B]$

$tempb \leftarrow b[B]$

$j \leftarrow B-1$

*Όσο*  $j > i$  *επανάλαβε*

$m[j+1] \leftarrow m[j]$

$b[j+1] \leftarrow b[j]$



```

        j ← j-1
        Τέλος_επανάληψης
        m[i] ← tempm
        b[i] ← tempb
    Τέλος_αν
    Αποτελέσματα // m, b, c //
    Τέλος Νέες_προσφορές_με_εισαγωγή_για_ανανέωση_ανά_νέο_δεδομένο

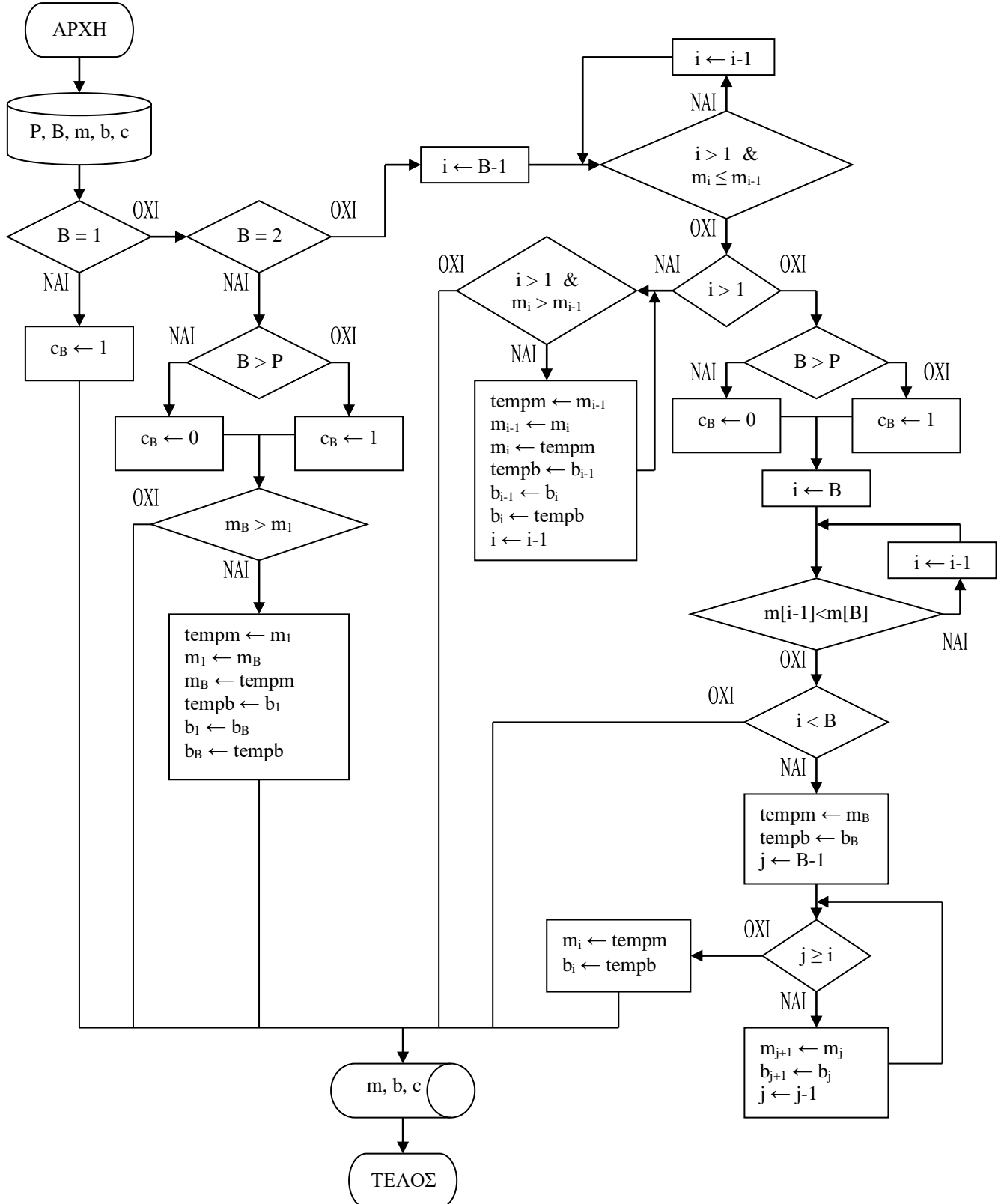
```

```

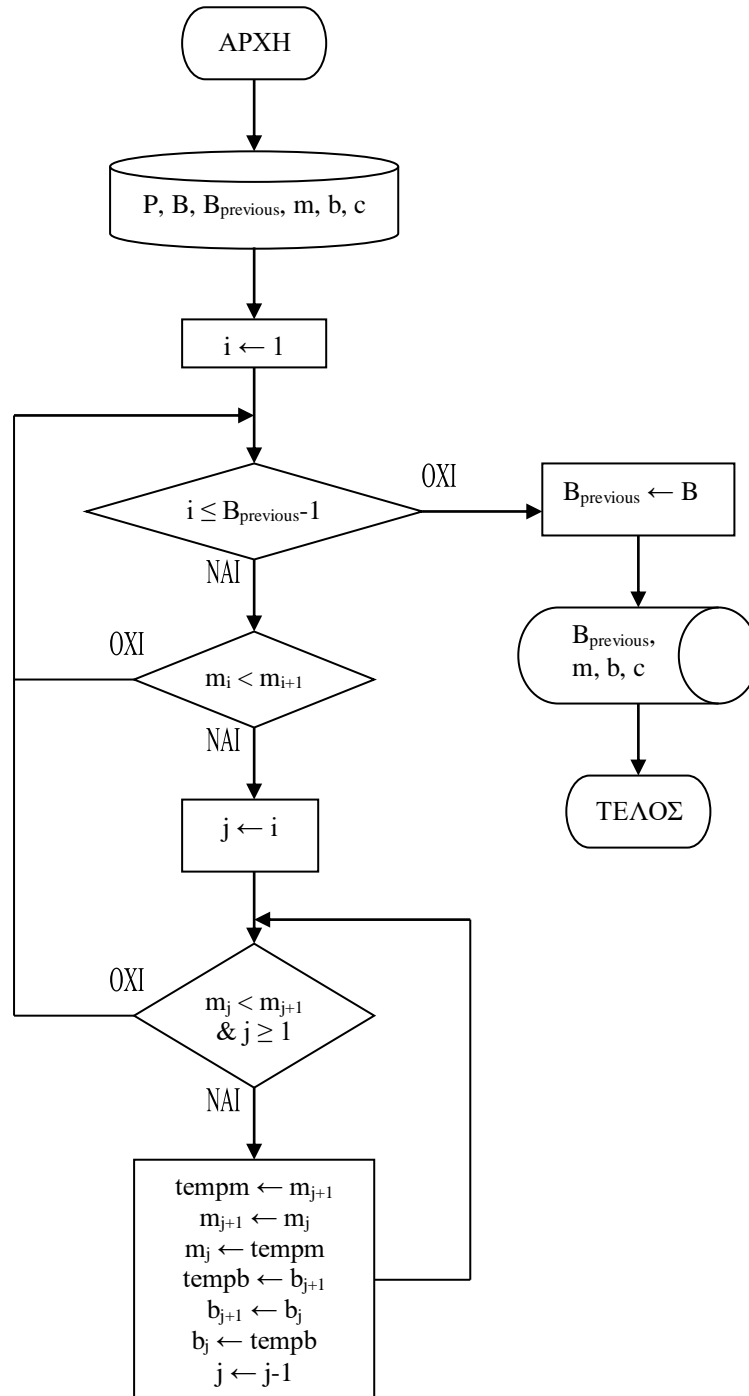
Αλγόριθμος Πρώτοι_2_συμμετέχοντες_για_ανανέωση_ανά_νέο_δεδομένο
Δεδομένα // P, B, m, b, c //
    Αν B = 1 τότε
        c[B] ← 1
    Αλλιώς_αν B = 2 τότε
        Αν B > P τότε
            c[B] ← 0
        Αλλιώς
            c[B] ← 1
    Τέλος_αν
    Αν m[B] > m[1] τότε
        tempm ← m[1]
        m[1] ← m[B]
        m[B] ← tempm
        tempb ← b[1]
        b[1] ← b[B]
        b[B] ← tempb
    Τέλος_αν
    Τέλος_αν
    Αποτελέσματα // m, b, c //
    Τέλος Πρώτοι_2_συμμετέχοντες_για_ανανέωση_ανά_νέο_δεδομένο

```

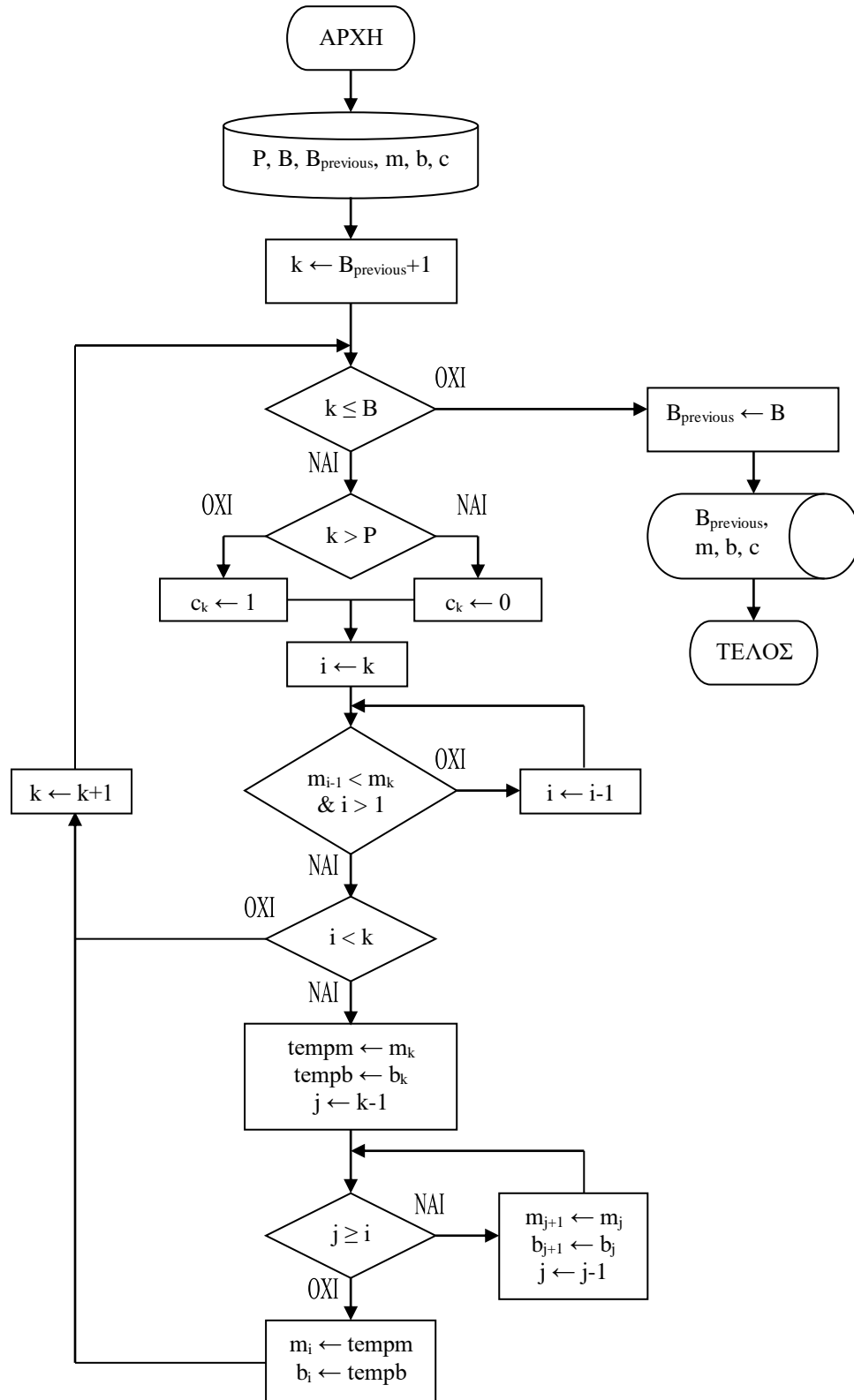
Διάγραμμα 11.5 Αλγόριθμος ανανέωσης σε κάθε εισαγωγή νέου δεδομένου.



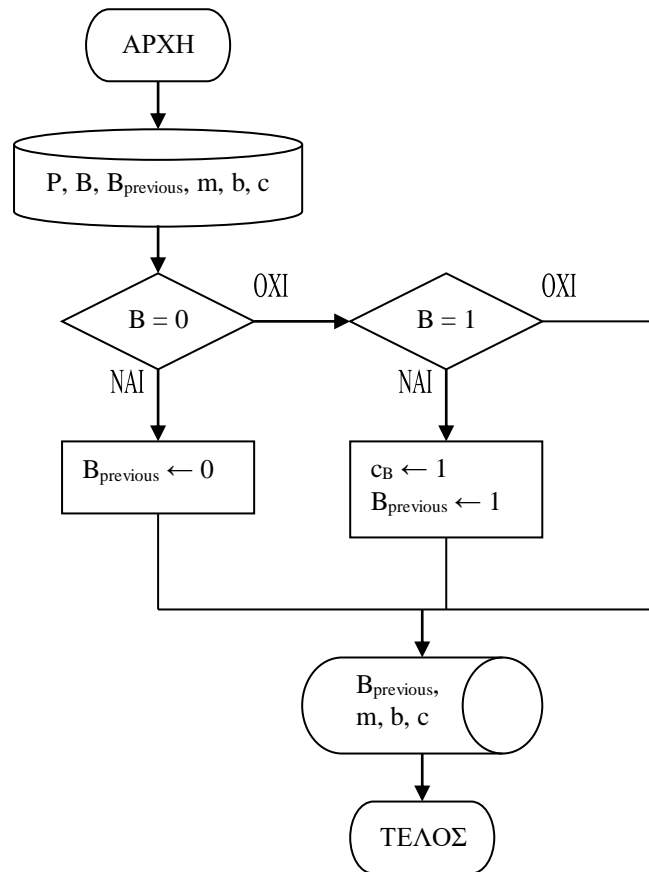
Διάγραμμα 11.6 Αλγόριθμος αναθεωρημένων προσφορών για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.



Διάγραμμα 11.7 Αλγόριθμος νέων προσφορών για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.



**Διάγραμμα 11.8** Αλγόριθμος των πρώτων εκτελέσεων για ανανέωση ανά σταθερό χρονικό διάστημα.



Πίνακας 11.1 Παράδειγμα συνδυαστικής δημοπρασίας για μία ημέρα λειτουργίας.

$b_i$	$m_i$	$d_i(1)$	$d_i(2)$	$d_i(3)$	$d_i(4)$	$d_i(5)$	$d_i(6)$	$d_i(7)$	$d_i(8)$	$d_i(9)$	$d_i(10)$	$d_i(11)$	$d_i(12)$	$d_i(13)$	$d_i(14)$	$d_i(15)$	$d_i(16)$	$x_i$	$R$
1	3,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	3,30
2	4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4
3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	5,30	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5,30
5	1,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1,10
6	7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
7	4,50	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4,50
8	2,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2,50
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	4,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	4,20
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
191	2,90	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,90
192	6,20	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6,20
193	3,10	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
194	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	4
195	2,20	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,20
196	3,40	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,40
197	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5
198	4,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	4,70
199	2,90	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	5,50	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5,50